

DESENVOLVIMENTO DO *LEAN MANAGEMENT* NUMA FUNDIÇÃO DE PRECISÃO

CARLOS MANUEL TEIXEIRA DOS SANTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA METALÚRGICA E MATERIAIS

ORIENTADOR

PROFESSORA DOUTORA LAURA MARIA MELO RIBEIRO

CO-ORIENTADORES

DR^a. ANABELA FERNANDES (Zollern & Comandita)

ENG^o. HUGO MACHADO (Zollern & Comandita)

CANDIDATO	Carlos Manuel Teixeira dos Santos		Código 200902918
TÍTULO	DESENVOLVIMENTO DO <i>LEAN MANAGEMENT</i> NUMA FUNDIÇÃO DE PRECISÃO		
DATA	29 de Março de 2016		
LOCAL	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Sala F103 - 16:00 h		
JÚRI	Presidente	Prof. Manuel Vieira	DEMM/FEUP
	Arguente	Prof ^a . Maria Antónia Carravilla	DEGI/FEUP
	Orientador	Prof ^a . Laura Ribeiro	DEMM/FEUP

Agradecimentos:

Um agradecimento à minha orientadora Professora Laura Ribeiro, responsável pelo meu interesse no tema desenvolvido na Dissertação e todo o apoio prestado enquanto da sua realização.

A todos os elementos da Zollern & Comandita que de alguma forma me ajudaram na realização do meu trabalho, com um especial agradecimento ao Engº Virgílio Oliveira pela confiança no projeto que desenvolvi e por me ter aberto as portas da empresa, assim como um especial agradecimento aos meus orientadores na empresa Hugo Machado e Anabela Fernandes por toda a ajuda e conhecimento que partilharam comigo.

Aos meus pais por tudo o que fizeram por mim e por sempre acreditarem nas minhas ambições e capacidades, pois sem eles nunca teria chegado onde cheguei.

À minha avó, tia e padrinho que muitas vezes foram, são e serão tanto ou mais que minha mãe e meu pai.

À Inês que tem um papel tão importante na minha vida e que foi uma fonte de ajuda e incentivo importante na realização deste trabalho.

À Stéphanie não só pela amizade mas pela paciência, voz crítica e ajuda na realização deste trabalho.

A todos os meus amigos que de alguma forma me ajudaram e estiveram presentes nesta minha caminhada.

Resumo

Este trabalho baseia-se na aplicação do *Lean Management* à realidade industrial, particularmente, no fluxo produtivo da empresa *Zollern & Comandita*. Começa-se por apresentar as principais causas de desperdício dum processo produtivo, assim como o estudo das principais ferramentas utilizadas no trabalho prático, nomeadamente, *First In First Out* (FIFO), *Value Stream Mapping* (VSM) e estruturação do *layout* de fabrico. No trabalho prático, foi feita uma análise dos processos, setor a setor, caracterizando-se o funcionamento e a movimentação de materiais. Foi possível identificar os principais pontos de intervenção e propor resoluções para os mesmos. Procedeu-se também a uma análise dos equipamentos de movimentação com vista a uma melhor utilização dos mesmos. Por último, foi idealizada uma série de *layouts* alternativos, tendo em conta as necessidades produtivas e estruturais da empresa, focados na rentabilização do espaço em comparação com a situação atual.

Palavras-chave: *Lean Management*, otimização, movimentação e *layout*

Abstract

This work was based on a Lean Management application to the industrial reality, particularly on the production flow of Zollern & Comandita's. It was first presented the main waste causes in a production process, as well as the main tools used during this work, such as First In First Out (FIFO), the Value Stream Mapping (VSM) and the structuring of the manufacturing layout. In this practical work, there was a procedural analysis sector by sector featuring all the functions and movimentation of the materials. It was possible to identify the main points of intervention and their resolution. The handling equipment was analyzed to make better use of them. Finally, a number of alternative layouts were designed taking into account the structural and production requirements of the company, focused on the profitability of space compared to the existing reality.

Índice

Agradecimentos:	III
Resumo	IV
Palavras-chave	IV
Abstract	V
I INTRODUÇÃO	1
I.1 Enquadramento	1
I.2 A Empresa	1
I.3 Projeto e Objetivos	2
I.4 Estrutura da Dissertação	2
II IMPLEMENTAÇÃO DO <i>LEAN MANAGEMENT</i> NUMA PME	3
II.1 Características das PME.....	3
II.1.1 Produção de Pequenas Séries	3
II.1.2 Limitação de Recursos Humanos e Financeiros	4
II.1.3 Paragens Limitadas na Linha de Fabrico	4
II.1.4 Cultura Reativa	4
II.2 Implementação do <i>Lean Management</i>	5
II.3 As ferramentas e os desperdícios	6
II.3.1 Desperdício	6
II.3.2 Os sete desperdícios	7
II.3.3 <i>First In First Out</i> (FIFO)	9
II.3.4 <i>Value Stream Mapping</i> (VSM)	9
II.3.5 Formulação do <i>layout</i> com base no <i>Lean Management</i>	10
II.3.6 Estudo das movimentações com base no <i>Lean Management</i>	11
III PROCESSO DE FABRICO	13
III.1 Setor da Cera (Modelos em cera)	14

III.1.1 Fluxo dos moldes metálicos	14
III.1.2 Fluxo das ceras.....	14
III.1.3 Análise Crítica.....	15
III.2 Setor da Cerâmica (fabrico da carapaça)	16
III.2.1 Fluxo dos cachos	16
III.2.2 Fluxo de materiais subsidiários	17
III.2.3 Análise Crítica.....	18
III.3 Setor de Cargas e Fusão	18
III.3.1 Fluxo dos cachos cerâmicos	18
III.3.2 Fluxo de cargas metálicas	19
III.3.3 Fluxo de retornos metálicos.....	19
III.3.4 Análise crítica	20
III.4 Setor de Acabamentos	21
III.4.1 Fluxo de cachos metálicos e peças.....	21
III.4.2 Fluxo de materiais subsidiários	22
III.4.3 Análise crítica	22
III.5 Setor de Acabamentos Finais.....	23
III.5.1 Fluxo de peças em acabamento	23
III.5.2 Análise crítica	24
III.6 Oficina de Moldes	24
III.6.1 Fluxo de moldes metálicos	24
III.6.2 Análise Crítica.....	25
III.7 Expedição	26
III.7.1 Fluxo de peças	26
III.7.2 Análise crítica	27
III.8 Armazém Principal.....	28

III.8.1 Fluxo de materiais subsidiários (receção).....	28
III.8.2 Fluxo de materiais subsidiários (entrega nos setores).....	28
III.8.3 Análise crítica	29
IV EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE INTERNO	30
IV.1 Equipamentos de transporte dos setores.....	30
IV.2 Utilização dos equipamentos de transporte	31
IV.2.1 Problema detetados	32
IV. 2.2 Sugestões de melhoria	34
V ANÁLISE DO <i>LAYOUT</i> DE SETORES PRODUTIVOS	36
V.1 Caso de estudo I - <i>Layout</i> do setor de fusão (preparação de cargas)	37
V.1.1 Situação atual.....	37
V.1.2 Caracterização novo espaço e aspetos críticos - (preparação das cargas)	37
V.1.3 Caracterização novo espaço e aspetos críticos - (Acabamento da peça de maior volume de produção)	39
V.1.4 Distâncias e tarefas	40
V.2 Caso de estudo II - <i>Layout</i> Armazém Principal e Expedição.....	41
V.2.1 Situação atual.....	41
V.2.2 Caracterização do novo <i>Layout</i> e aspetos críticos - Armazém.....	41
V.2.3 Caracterização do novo <i>Layout</i> e aspetos críticos - Expedição.....	42
V.2.4 Distâncias e tarefas	43
V.3 Caso de estudo III - <i>Layout</i> Controlo final	44
V.3.1 Situação atual.....	44
V.3.2 Caracterização novo espaço e aspetos críticos - Controlo final	44
V.3.3 Distâncias e tarefas	45
V.4 Caso de estudo IV - Parque de Resíduos	46

V.4.1 Situação atual.....	46
V.4.2 Caracterização novo espaço e aspetos críticos - Parque de resíduos.....	47
V.4.3 Distâncias e tarefas	50
VI CONCLUSÕES.....	51
VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
VIII ANEXOS	54

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Listagem equipamentos da empresa	31
Tabela 2 - Distâncias percorridas entre setores	40
Tabela 3 - Distâncias percorridas nos setores	43
Tabela 4 - Distâncias percorridas entre setor.....	45
Tabela 5 - Quantidades de resíduos	47
Tabela 6 - Distancias percorridas pelos resíduos	50

Índice de Figuras

Figura 1 - Benefícios do <i>Lean</i> para as PME, adaptado de [1].	5
Figura 2 - Esquema dos 7 desperdícios [11].	7
Figura 3 - Estrutura de <i>layout</i> baseado na metodologia <i>Lean</i> , adaptado de [19]. ..	11
Figura 4 - Esquema processo de fabrico, adaptado de [2].	13
Figura 5 - Esquema do fluxo produtivo do setor.	15
Figura 6 - Esquema do fluxo dos cachos.	16
Figura 7 - Esquema do fluxo de materiais subsidiários.	17
Figura 8 - Esquema do fluxo dos cachos cerâmicos.	19
Figura 9 - Esquema do fluxo de retornos metálicos.	20
Figura 10 - Esquema do fluxo de cachos metálicos e peças.	21
Figura 11 - Esquema do fluxo de peças em acabamento.	23
Figura 12 - Esquema do fluxo de moldes metálicos.	25
Figura 13 - Esquema do fluxo de peças.	26
Figura 14 - Esquema do fluxo de receção de materiais subsidiários.	28
Figura 15 - Esquema do fluxo de entrega de materiais subsidiários.	29
Figura 16 - Diagrama causa-efeito relativo às avarias dos equipamentos elétricos. 32	
Figura 17 - Diagrama causa-efeito da indisponibilidade dos equipamentos	33
Figura 18 - Equipamentos danificados pelo uso indevido.	34
Figura 19 - <i>Layout</i> proposto do setor.	38
Figura 20 - <i>Layout</i> alternativo do setor.	39
Figura 21 - <i>Layout</i> Armazém Principal e Expedição.	42
Figura 23 - Local de deposição dos resíduos.	46
Figura 24 - <i>Layout</i> proposto para o parque de resíduo.	48
Figura 25 - <i>Layout</i> do armazém 02 utilizado como parque de resíduos.	49

I INTRODUÇÃO

I.1 Enquadramento

Esta Dissertação realizada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, aborda a aplicação de princípios e ferramentas do *Lean Management* no setor produtivo de uma empresa de fundição de precisão. O projeto apresentado nesta dissertação foi desenvolvido na empresa Zollern & Comandita.

O *Lean Management* é uma metodologia, para aplicação em meio industrial ou em serviços (ex: hospitais e escolas), que analisa os meios utilizados pela empresa para obtenção dos seus produtos/serviços. Foca-se no processo, designadamente nos recursos e etapas de processo, com o objetivo de identificar e melhorar as atividades que criam valor e eliminar todas as outras que são consideradas desperdício [1]. Esta metodologia utiliza várias ferramentas (algumas das quais aplicadas na empresa em causa), como é o caso da definição de um fluxo contínuo de produção, a utilização do FIFO (*First In First Out*) e a estruturação do *layout* fabril de acordo com o VSM (*Value Stream Mapping*).

I.2 A Empresa

O grupo *Zollern* é considerado um dos pioneiros na indústria metalúrgica alemã, contando já com 300 anos de experiência e em constante inovação, como o próprio lema defende. O grupo dispõe no momento de quinze instalações fabris a nível mundial, desde a Europa, Ásia até à América do Norte e Sul. No total a empresa emprega cerca de 3000 colaboradores para garantir a produção e desenvolvimento de uma série de produtos metálicos inovadores como é o caso das pás de turbinas ou placas de transmissão de calor em aços especiais [2].

O grupo oferece soluções nas mais diversas áreas, destacando-se como principais ramos de negócio a indústria aeroespacial, energia, produção elétrica, automação, construção e engenharia mecânica.

A *Zollern & Comandita* é a sucursal Portuguesa, localizada na Maia. Foi fundada em 1991 e produz uma diversidade de ligas metálicas e peças vazadas

desde 1-2 gramas até 20 Kg. Atualmente produz lotes desde 5 unidades até 100 000 unidades. A sucursal portuguesa apresenta neste momento um volume de negócios a rondar os dezasseis milhões de euros anuais [2,3].

A empresa tem os seus sistemas de gestão certificados de acordo com as normas: ISO 9001:2008 (Gestão da Qualidade); ISO 14001:2014 (Gestão Ambiental); ISO 50001:1:2014 (Gestão Energética); ISO/TS 16949:2009 (Gestão da Qualidade do Setor Automóvel).

Atualmente emprega cerca de 170 funcionários, valorizando sempre a formação contínua dos mesmos [2].

I.3 Projeto e Objetivos

O projeto abraçado para a realização desta Dissertação de Mestrado surgiu da necessidade da empresa criar um fluxo contínuo no processo produtivo, com base nos princípios do *Lean Management*. Assim, o trabalho teve como objetivo uma análise crítica do processo produtivo orientada para a movimentação dos materiais e equipamentos de transporte envolvidos no processo produtivo da empresa. Para além disso, estabeleceu-se como objetivo, a definição de um novo *layout* do processo de fabrico de forma a melhorar a eficiência e eficácia do fluxo produtivo, refletido a longo prazo, num maior encaixe financeiro para a empresa.

I.4 Estrutura da Dissertação

O presente trabalho, foi escrito e estruturado em sete capítulos. O primeiro capítulo faz uma breve introdução ao tema proposto para a Dissertação. Adicionalmente, é apresentada a empresa, o projeto e os objetivos. No segundo capítulo é abordada a metodologia, assim como os conceitos e ferramentas utilizadas no caso de estudo em particular. No terceiro e quarto capítulos são abordados de forma detalhada, os vários problemas analisados e as diferentes soluções para a sua resolução. No quinto capítulo apresenta-se a alternativa proposta ao estado atual da empresa. No sexto capítulo apresentam-se as conclusões deste projeto e sugestões para a melhoria do processo de fabrico.

II IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN MANAGEMENT* NUMA PME

II.1 Características das PME

Com base em trabalhos realizados [4-6], em que se compara o processo de implementação de um sistema *Lean* numa PME e numa grande empresa, percebe-se que uma grande empresa tem maior flexibilidade a nível de orçamento, mão-de-obra e tempo para a implementação do sistema, algo que uma PME não dispõe.

É importante referir que a implementação de um sistema *Lean* numa PME, não se resume a uma simples racionalização do projeto aos meios da empresa, pelo contrário, exige uma mudança radical na organização e cultura da mesma [5, 6]. De facto, muitos dos conceitos *Lean* são difíceis de serem implementados nas PME, justificado pela falta de recursos essenciais, dimensão reduzida da empresa, défice na formação dos colaboradores e ausência de chefias intermédias, sendo a maior dificuldade, as falhas na comunicação interna e a falta de apoio pela chefia de topo [6].

II.1.1 Produção de Pequenas Séries

As PME não conseguem dar resposta a grandes volumes de encomendas, ficando sempre limitadas à produção de pequenas séries de produtos (fechando uma série de mercados para as mesmas). Pelo contrário, as grandes empresas dispõem de uma grande quantidade de meios logísticos, dispendo de elevada especialização em determinado processo ou produto, daí resultar uma cadência elevada de produtos. Assim, as PME têm tendência a diversificar as suas competências, tentando responder a necessidades cada vez mais específicas do cliente, e atingir uma quota específica do mercado (nicho de mercado). Resultante da necessidade de dar resposta aos requisitos mais específicos dos clientes, as PME produzem uma elevada diversidade de produtos, em pequenas séries [7].

II.1.2 Limitação de Recursos Humanos e Financeiros

Quando se fala em limitações de recursos humanos, não é necessariamente em número, mas também em especialização, ou seja, mão-de-obra qualificada para desempenhar funções específicas. No caso concreto das PME não existem muitas vezes engenheiros ou colaboradores com formação superior, o que dificulta a gestão global da empresa, devido à falta de conhecimento técnico, procedimentos específicos e incapacidade de desenvolver (ou alterar) determinados projetos de melhoria [7].

Relativamente à questão financeira, é bastante comum as PME seguirem o modelo de “sobrevivência”. Trata-se de um modelo de gestão de investimento moderado e não arriscado, impossibilitando o desenvolvimento de determinados processos, visando unicamente a subsistência diária.

II.1.3 Paragens Limitadas na Linha de Fabrico

Para introduzir um novo tipo de controlo ou alteração num processo de fabrico, assim como dar formação aos colaboradores da empresa, implica a paragem da produção, sendo uma ação difícil de executar neste tipo de fabricação. Pelo contrário, uma paragem na produção de uma linha de uma grande empresa, com algum planeamento prévio, ocorre com facilidade, permitindo a realização da intervenção pretendida. Nestes casos, a paragem de uma linha nem sempre implica a paragem total da empresa, continuando a haver fabricação [7].

II.1.4 Cultura Reativa

A cultura reativa é comum nas PME, pois os colaboradores têm a tendência a adquirir conhecimento ao longo da carreira, e quando confrontados com problemas conseguem solucioná-los, mas não têm capacidade para os prevenir.

Numa PME, normalmente, não existem os chamados manuais de boas práticas, ou seja, não existe um suporte técnico especializado para formar os colaboradores sobre a forma como devem agir quando confrontados com situações inesperadas e problemas [7].

II.2 Implementação do *Lean Management*

A implementação do *Lean Management* numa PME obriga a uma adaptação da metodologia de acordo com a dimensão da empresa. Normalmente uma PME lida diariamente com dificuldades em responder a pedidos de clientes, assim como a receber matérias-primas dos seus fornecedores. A implementação do *Lean*, neste tipo de empresas, deve focar-se no processo produtivo da empresa e no envolvimento dos colaboradores.

Na implementação do *Lean* numa PME começa-se por focar naquilo que a empresa dispõe: “material da casa” (materiais, pessoas, processos), o que contribui para um menor esforço financeiro na efetiva implementação do sistema, utilizando ferramentas variadas, tais como o 5S, os Círculos da Qualidade, a Cultura Preventiva e o Envolvimento dos colaboradores [8].

Zhou [1] realizou um estudo com base num inquérito, dirigido a trinta e quatro responsáveis de PME nos Estados Unidos da América, sobre os benefícios da implementação do *Lean*.

De um modo geral pode-se concluir que a implementação do *Lean Management* teve um impacto positivo nas empresas, sendo refletido no aumento da produtividade e eficiência, como demonstrado na figura 1 [1].



Figura 1 - Benefícios do *Lean* para as PME, adaptado de [1].

Como principal benefício, destaca-se (com uma classificação de 3,18) a melhoria da eficiência e produtividade. Em seguida, destaca-se o aumento da satisfação do cliente assim como a descida dos custos de produção e inventário.

Avaliando de uma outra perspetiva, os aspetos que menos beneficiam com a utilização do *Lean*, são o preço de compra da matéria-prima e a melhoria dos produtos. Este resultado pode ser explicado pelo facto das PME não desenvolverem os seus produtos, sendo mais comum o fabrico de peças por encomenda [1, 4].

II.3 As ferramentas e os desperdícios

No caso em estudo, a análise crítica foi realizada com base num conjunto de conhecimentos e ferramentas do *Lean Management*. Tratando-se de um estudo em ambiente industrial, o ponto de partida foi o conceito de desperdício e a respetiva avaliação. A partir desse conceito torna-se mais fácil evidenciar e categorizar a realidade observada, facilitando a intervenção futura [9].

Para além da análise do desperdício foram utilizadas outras ferramentas, particularmente o FIFO (First In First Out) e o VSM (Value Stream Mapping).

II.3.1 Desperdício

De acordo com Fujio Cho¹, desperdício é definido como tudo o que esteja para além da quantidade desejável, seja equipamento, matéria-prima, peças, espaço ou mão-de-obra, que existem com o simples intuito de acrescentar valor ao produto [10]. O desperdício é algo que existe no ambiente empresarial, não sendo muitas vezes identificado pelos gestores das empresas que se focalizam nos resultados, negligenciando os custos envolvidos. A solução passa por se aplicar a velha máxima “*tempo é dinheiro*”, ou seja, é necessário tornar o processo de produção mais eficiente, produzindo a maior quantidade necessária no menor espaço de tempo. O tempo, quando mal utilizado, retira valor ao produto, como tal, é necessário tomar as medidas que promovam a melhoria das diferentes operações e consequentemente adaptem os postos de trabalho para garantir a

¹ Atual presidente honorário da Toyota [10]

melhor eficiência das tarefas realizadas. Ao analisar a utilização do tempo em ambiente de “chão de fábrica”, pode-se concluir que 95 % do tempo de trabalho de um operário não é utilizado para acrescentar valor ao produto [10]. Assim como também se conclui que 95 % do tempo que um material passa dentro de fábrica é em armazém, à espera de ser processado ou inspecionado e transportado para o cliente. Por outro lado também se verifica que os equipamentos podem apresentar avarias que os tornam inoperáveis, ou levar a produzir produtos desnecessários ou defeituosos [10].

II.3.2 Os sete desperdícios

De acordo com vários autores [1, 10], a implementação de ações de melhoria torna-se mais fácil tendo por base a identificação e categorização dos desperdícios que uma empresa produz. Após muitos anos de pesquisa e implementação de ações de melhoria, a *Toyota* [1] identificou sete tipos de desperdícios (ou Mudras) mais prejudiciais para uma empresa (ver Figura 2):



Figura 2 - Esquema dos 7 desperdícios [11].

1. **Sobreprodução** - é considerado um dos piores tipos de desperdício que pode existir pois reflete-se num elevado custo para o processo. Ocorre devido a uma exagerada produção de produtos para além da procura do mercado. Quando o mercado se encontra em ascensão, este tipo de desperdício não é notado, mas quando a procura baixa, este tipo de desperdício agrava-se e afeta a estabilidade da empresa.

2. **Espera** - é um tipo de desperdício facilmente observável; trata-se de uma etapa do ciclo de fabrico que não traz qualquer benefício para a empresa ou produto. Este tipo de desperdício pode ser verificado ao nível do processo de fabrico, como também ao nível do comportamento dos colaboradores. Normalmente, é identificado por alguém externo ao processo, pois aos olhos do supervisor em questão o funcionamento parece normal.
3. **Transporte** - este tipo de desperdício está relacionado com a realidade industrial de se transportar um material dentro da empresa sem se conferir valor ao produto, como é exemplo, o transporte dos produtos para o armazém e de seguida o regresso novamente para a linha. Para identificar este problema é necessário que os produtos sejam passíveis de serem localizados facilmente dentro da empresa, para isso devem estar identificados e com instruções claras, sobre o local onde devem ser colocados.
4. **Processo** - o próprio processo de fabrico pode ser considerado um desperdício, quando não é eficiente. O processo deve ser projetado a garantir as características do produto (evitando processos posteriores de recuperação, como é o caso de acabamentos suplementares), bem como o menor número de defeitos possíveis.
5. **Stock/Inventário** - está diretamente relacionado com a sobreprodução. A existência de *stock* em excesso leva a um aumento do custo do produto. Este custo refere-se a armazenamento e manuseamentos extras, entre outras necessidades associadas à sua transformação.
6. **Movimento** - considera-se desperdício todos os movimentos dos produtos ou colaboradores que não conferem valor ao produto final. Por exemplo, um colaborador que perde tempo à procura de uma ferramenta faz um movimento desnecessário que deve ser evitado.
7. **Defeitos** - é o desperdício mais comum, acabando por ter influência na maioria dos restantes desperdícios. Quando existe um defeito, o produto é recuperado (aumentando o seu custo de fabrico), ou então considerado sucata e rejeitado.

II.3.3 *First In First Out (FIFO)*

Um dos princípios do *Lean Management* aplicado à indústria prende-se com a existência de um fluxo contínuo de produção, ou seja, as etapas do processo produtivo são executadas sem a existência de interrupções desnecessárias, realizando-se unicamente as tarefas indispensáveis. São consideradas tarefas indispensáveis, todas aquelas que conferem valor ao produto final [12, 13].

Uma das abordagens utilizadas na definição de um fluxo contínuo é o FIFO, segundo o qual o fluxo de um determinado processo deve atuar (*First In*) sobre o primeiro produto terminado no processo anterior (*First Out*). O FIFO deve ser sempre cumprido, por mais complexas que sejam as operações. O FIFO aplica-se, por exemplo, a uma célula de fabrico em que, os produtos terminados na etapa anterior são encaminhados, por ordem de fabrico, para a etapa seguinte [9]. A implementação da ferramenta traz uma série de vantagens ao processo: promove o fluxo contínuo; permite a criação de avisos para situações de sobreprodução; uniformiza o tempo despendido em cada operação (no caso de operações constantes); evita atrasos na produção, dando prioridade às encomendas mais antigas [12, 14].

II.3.4 *Value Stream Mapping (VSM)*

O VSM é uma ferramenta do *Lean Management*, utilizada na estruturação e melhoria do *layout* de um determinado processo produtivo ou serviço. A ferramenta analisa o estado atual do processo, quanto ao seu funcionamento geral, (disposição dos equipamentos e colaboradores, movimentação do produto, receção de materiais na linha,...) identificando e sugerindo alterações de melhoria e oportunidades [15, 16].

A ferramenta é capaz de expor os desperdícios existentes no processo, ou seja, as atividades que não conferem valor ao produto final. Além disso, a ferramenta estabelece um mapa de processo onde se identificam as alterações a serem executadas [15, 16].

A utilização do VSM apresenta uma série de vantagens na estruturação ou melhoria do *layout* de fabrico: é de fácil aprendizagem, compreensão e utilização,

o que a torna uma ferramenta muito intuitiva. Esta ferramenta começa por identificar as etapas do processo, e depois identificar as falhas e os desperdícios gerados [16, 17]. É assim um ponto de partida para as futuras intervenções em novos processos permitindo a participação de qualquer colaborador na sua estruturação.

II.3.5 Formulação do *layout* com base no *Lean Management*

Na estruturação ou reestruturação de um *layout* de processo com base nos conceitos *Lean*, o processo de intervenção pode ser dividido em quatro fases [18]:

1. **Identificação do fluxo de valor do processo e mapeamento respetivo das etapas** - A primeira fase da implementação da metodologia consiste em avaliar a situação atual da empresa, sendo necessário desenhar um mapa das etapas do processo e o respetivo fluxo de valor associado a cada uma delas. De acordo com os resultados obtidos em cada uma das etapas do processo, fica-se a conhecer as áreas em que se deve focar a atenção e as alterações necessárias para o funcionamento mais eficiente do *layout* de fabrico. A execução desta fase é apoiada pela utilização do VSM.
2. **Eliminação dos desperdícios e identificação de alternativas** - De acordo com os dados recolhidos na fase anterior, deve-se agora focar nas diferentes etapas de processo e definir o modo de eliminar os desperdícios e executar as alternativas operacionais.
3. **Estudo do novo mapeamento do processo** - Estando identificados os desperdícios gerados e a sua eliminação, é necessário estabelecer o novo mapeamento do fluxo de valor, idealizando a estrutura do *layout* de fabrico.
4. **Desenvolvimento do novo *layout*** - Nesta etapa é necessário aplicar as alterações identificadas nas etapas anteriores (2 e 3).

A figura 3 mostra o resultado da utilização do *Lean Management* na estruturação do *layout* de um setor de uma empresa (o fluxo de produto é estabelecido desde a matéria-prima até a obtenção do produto final de forma mais eficiente possível).



Figura 3 - Estrutura de *layout* baseado na metodologia *Lean*, adaptado de [19].

II.3.6 Estudo das movimentações com base no *Lean Management*

Realizada a formulação do novo *layout*, tendo em conta o mapeamento de valor do produto, é necessário paralelamente estabelecer as rotas de movimentação dos equipamentos de transporte utilizadas na deslocação dos produtos, assim como no abastecimento de matéria-prima ou subsidiária nos vários setores produtivos [19, 20].

Para uma melhor eficiência do processo deve-se ter em consideração três aspetos:

1. Definir/Identificar como são e como devem ser transportados os materiais de um setor para outro;
2. Contabilizar e controlar as quantidades de materiais transportados e entregues nos respetivos locais;
3. Identificar as necessidades de cada setor quanto à receção dos materiais.

Para a estruturação da rota de movimentação, o processo pode ser comparado com a rota de um serviço de transportes públicos, em que se designa o trajeto a percorrer e as zonas de paragem específicas, e onde se recolhe e entrega passageiros. Para realizar essa estruturação deve-se atender a quatro premissas estabelecidas pelo *Lean Management* [21]:

1. **Identificar as respetivas zonas de movimentação e o sentido** - É necessário estudar a estrutura organizacional da empresa, identificando as zonas de

passagem assim como os respectivos sentidos da movimentação (único ou dois sentidos);

2. **Selecionar o equipamento de transporte a ser utilizado** - Tendo em consideração as respectivas zonas de movimentação, é necessário selecionar os equipamentos que se pretendem utilizar para realizar os transporte de acordo com as características do equipamento, as necessidades dos setores e respectivas condicionantes;
3. **Determinar os pontos de paragem e entrega na rota de movimentação** - Pretende-se identificar as zonas em que o transporte de movimentação deve parar dentro do espaço da fábrica para abastecer os setores, podendo existir pontos de paragens estabelecidos que podem abastecer mais do que um único setor produtivo;
4. **Criar espaços de receção adaptados à quantidade de material entregue** - Estando a rota definida e o equipamento selecionado é necessário garantir que o setor a ser abastecido está devidamente preparado, ou seja, que dispõe de um espaço para receber e acomodar o material rececionado.

Ao estabelecer uma rota de movimentação de acordo com os princípios *Lean*, além de contribuir para melhorar a organização do processo produtivo proporciona uma série de vantagens específicas, nomeadamente[21]:

1. Facilidade de controlo do inventário;
2. Promoção de um circuito de abastecimento contínuo dos vários setores com o mínimo de movimentação do material;
3. Melhoria da agilização na entrega de material e recolha de contentores/ caixas vazios assim como na circulação da informação;
4. Criação de espaços vazios que antes estariam ocupados com material em trânsito ou à espera de ser despachado, libertando espaço na fábrica;
5. Melhoria da eficiência do processo produtivo garantido que cada setor recebe exatamente as quantidades de material que necessita.

III PROCESSO DE FABRICO

Para apresentar a análise detalhada do funcionamento dos setores da empresa, torna-se necessário, em primeiro lugar, descrever de uma forma clara, o processo produtivo.

Na figura 4 encontra-se esquematizado o processo de fabrico, o qual se inicia com a emissão de uma ordem de fabrico, que define o tipo de molde metálico a utilizar (1), os materiais subsidiários e matérias-primas necessários, de acordo com a quantidade de peças pretendidas (2). Posteriormente, é produzido o modelo em cera, que será revestido com uma capa cerâmica (3), procedendo depois à remoção da cera (4). Obtém-se o molde cerâmico que é enviado para a fusão onde é realizado o vazamento da liga metálica (5). Depois do arrefecimento é realizado o abate do cerâmico (6) e as peças seguem para as etapas de acabamento (7). O produto final é sujeito ao controlo da qualidade antes de ser expedido para o cliente (8).

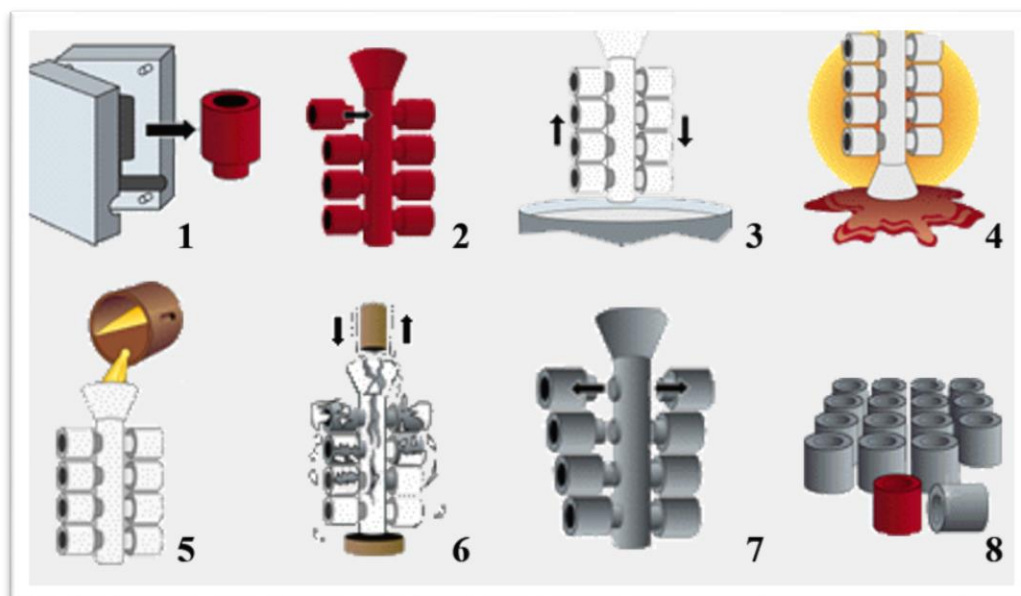


Figura 4 - Esquema processo de fabrico, adaptado de [2].

III.1 Setor da Cera (Modelos em cera)

O processo produtivo começa com o fabrico dos modelos em cera, através da injeção da cera em moldes metálicos (com as cavidades das peças bem como dos cachos de suporte) (*layout* do setor disponível no anexo 1).

III.1.1 Fluxo dos moldes metálicos

A partir do planeamento do trabalho semanal, são definidos os moldes a serem requisitados no armazém e transportados para o setor no carro de transporte de moldes. No setor, os moldes são dispostos por ordem de fabrico (acompanhados pela respetiva folha de identificação) em mesas de trabalho. Os moldes de maior dimensão são transportados para as máquinas de injeção pela ponte rolante do setor. Enquanto os de pequena dimensão são transportados manualmente. É feita a injeção da cera nos moldes e as operações de colagem das peças em cera nos cachos.

Os cachos em cera são colocados em suportes de armazenamento amovíveis e posteriormente seguem para o setor da cerâmica (ver figura 5).

III.1.2 Fluxo das ceras

É feita uma requisição ao armazém principal (cera azul e virgem) que, em resposta, entrega os materiais no elevador, recorrendo ao empilhador elétrico. No piso superior, os materiais são recolhidos pelo responsável de reposição de materiais, recorrendo ao porta-paletes manual e alocado no armazém intermédio para o reabastecimento das injetoras. A cera é deslocada com o porta-paletes, o mais próximo possível das máquinas e consoante a quantidade de cera ou altura do depósito da máquina, recorre-se ou não à ponte rolante para realizar o abastecimento (ver figura 5).

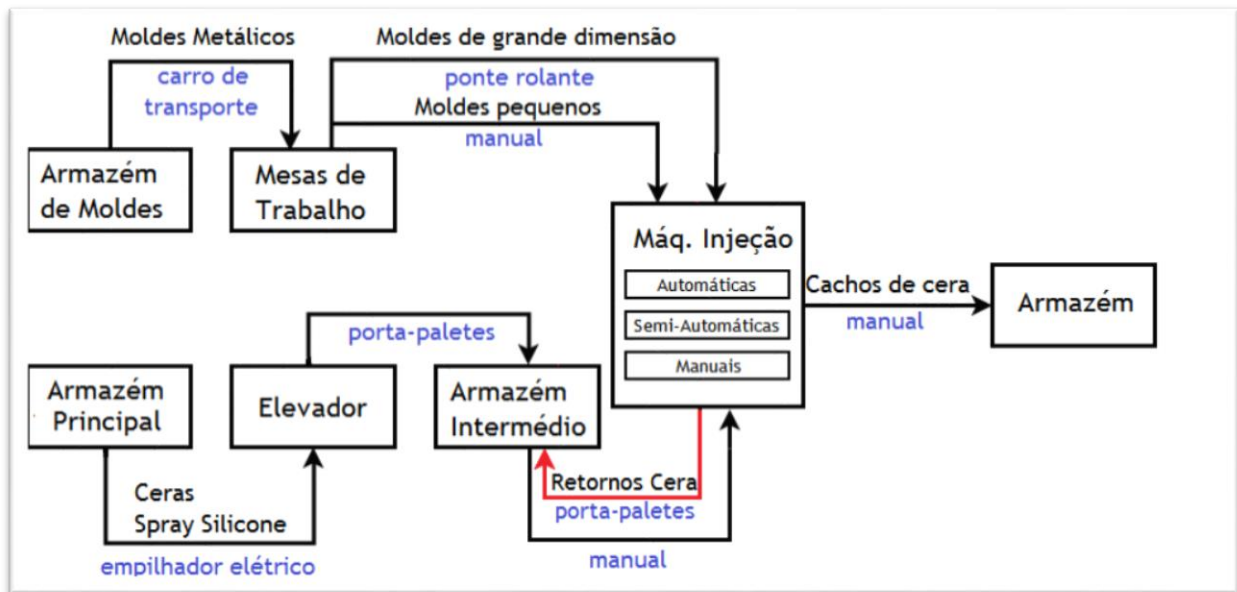


Figura 5 - Esquema do fluxo produtivo do setor.

III.1.3 Análise Crítica

Problema esporádico - No transporte de um molde metálico foi necessário abrir o molde, não havendo a indicação da ferramenta certa para o fazer; constata-se ainda que as ferramentas não estavam identificadas; este problema gerou um atraso significativo no transporte do molde.

Proposta de Resolução- utilizar um sistema de identificação de cores ou símbolos em cada ferramenta, de acordo com o tipo de molde a que se destina, facilitando a execução de qualquer intervenção necessária, reduzindo os atrasos na movimentação.

Problema Recorrente - existem moldes (pesados e de grande dimensão) que se encontram armazenados em posições elevadas para que o operador consiga alcançar sem ajuda de uma plataforma elevatória. Esta plataforma é muitas vezes utilizada noutras operações que não estão relacionadas com a armazenagem, nomeadamente no armazém principal.

Proposta de Resolução - não permitir a requisição de equipamento que estejam a ser utilizados. Realizar a redistribuição dos moldes, de acordo com a sua dimensão e peso.

III.2 Setor da Cerâmica (fabricao da carapaça)

Este setor recebe os cachos de cera e reveste-os com uma carapaça cerâmica, ficando a moldação apta para a etapa seguinte do processo (*layout* do setor disponível no anexo 2).

III.2.1 Fluxo dos cachos

Os cachos em cera são recebidos nos suportes de armazenamento do setor anterior. De acordo com as ordens de fabrico, os cachos são colocados num circuito específico dependendo do revestimento a executar nas peças. Concluído o processo de revestimento e secagem, os cachos são retirados dos suportes metálicos e são transportados para o armazém interno, pelo carro de transporte manual do setor, onde ficam a repousar 48 horas. Os suportes utilizados são recolhidos e colocados em armazém intermédio, movimentados com um porta-paletes manual (ver figura 6).

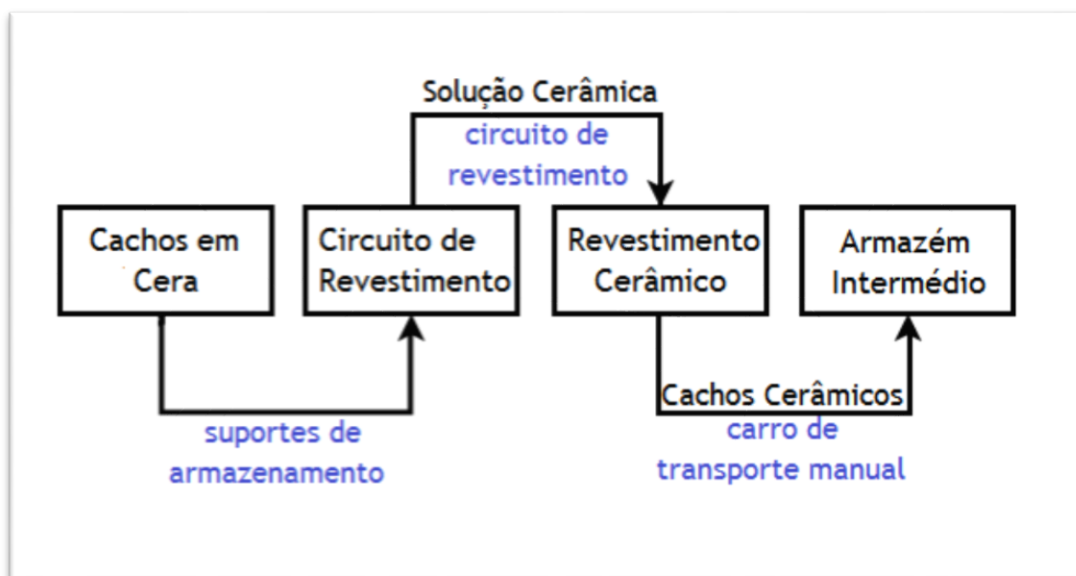


Figura 6 - Esquema do fluxo dos cachos.

III.2.2 Fluxo de materiais subsidiários

Todos os materiais subsidiários consumidos neste setor são transportados do armazém principal para o armazém interno. Os materiais são colocados no elevador pelo empilhador elétrico do armazém e rececionados no piso superior (com um empilhador elétrico ou porta-paletes manual). O transporte é diferente no caso dos materiais subsidiários no estado líquido, que são transportados do armazém até ao setor da cerâmica por empilhador elétrico ou empilhador a gás (equipamento que não deveria circular dentro da zona fabril). Dentro do setor, os materiais são transportados até às máquinas por um porta-paletes manual. O empilhador elétrico é usado quando se pretende transportar materiais no estado líquido (ver figura 7).

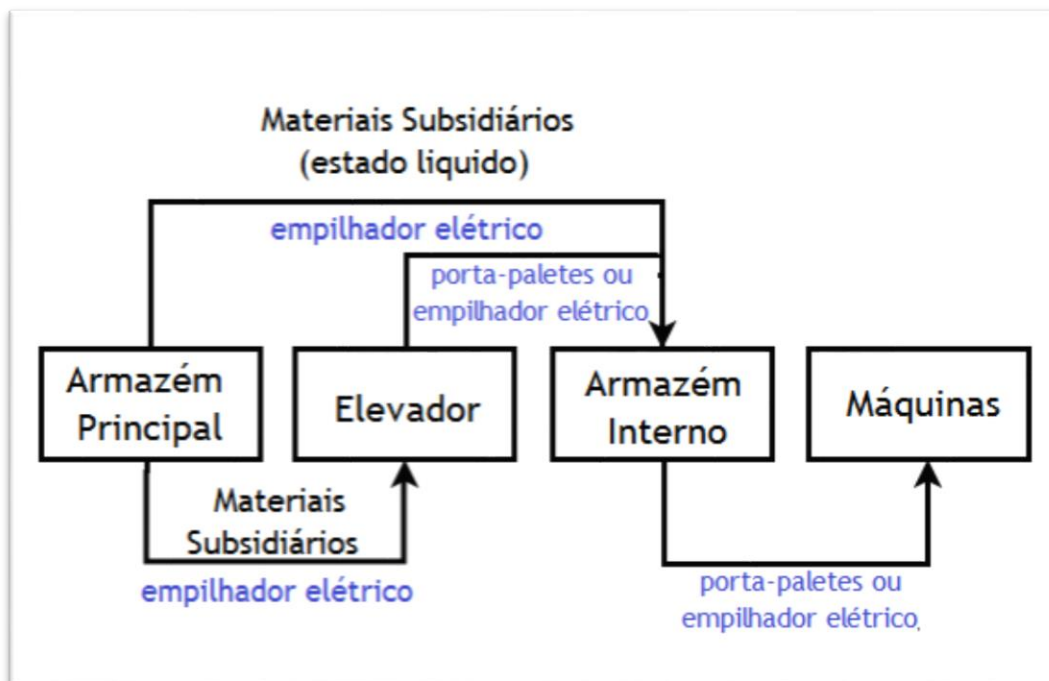


Figura 7 - Esquema do fluxo de materiais subsidiários.

III.2.3 Análise Crítica

Problema Recorrente - Frequentemente é utilizado o empilhador a gás que não pode ser utilizado dentro da fábrica, dado que os empilhadores elétricos não estão disponíveis.

Proposta de Resolução - Estipular horários de utilização dos empilhadores elétricos de forma a garantir a disponibilidade destes empilhadores para os transportes dentro da fábrica.

Problema Recorrente - é requisitado um empilhador elétrico de outro setor dada a impossibilidade de utilização dos equipamentos do setor devido a uma limitação de altura do setor, ou seja, não há a possibilidade de operarem naquele local.

Proposta de Resolução - se os equipamentos do setor da cerâmica cumprirem os requisitos das necessidades dos outros setores a quem se solicita o equipamento, efetuar uma troca permanente ou esporádica.

III.3 Setor de Cargas e Fusão

O produto toma forma neste setor, onde se realiza o vazamento das diferentes ligas metálicas na moldação cerâmica (*layout* do setor disponível no anexo 3).

III.3.1 Fluxo dos cachos cerâmicos

O operador da fusão procede ao levantamento dos cachos armazenados no setor anterior, recorrendo ao empilhador elétrico, colocando-os numa mesa de transporte. Daqui seguem para o autoclave, onde se faz a remoção da cera. Terminado o processo, os cachos são deslocados para o armazém interno (para retificação) ou seguem diretamente para a fusão. O transporte é feito na mesa de transporte.

O aquecimento dos cachos é realizado num forno rotativo em três etapas: (1) queima da cera restante; (2) sinterização; (3) aquecimento à temperatura estabelecida. Simultaneamente, é fundida a carga metálica para o vazamento, de

acordo com a ordem de fabrico, sendo o vazamento realizado com o apoio de um braço mecânico articulado.

Existe a possibilidade de realizar a fusão e vazamento em vácuo. Neste caso os cachos são transportados para o setor de fusão em vácuo. Realizado o vazamento, os cachos são encaminhados para a zona de arrefecimento, seguindo-se o abate (ver figura 8).

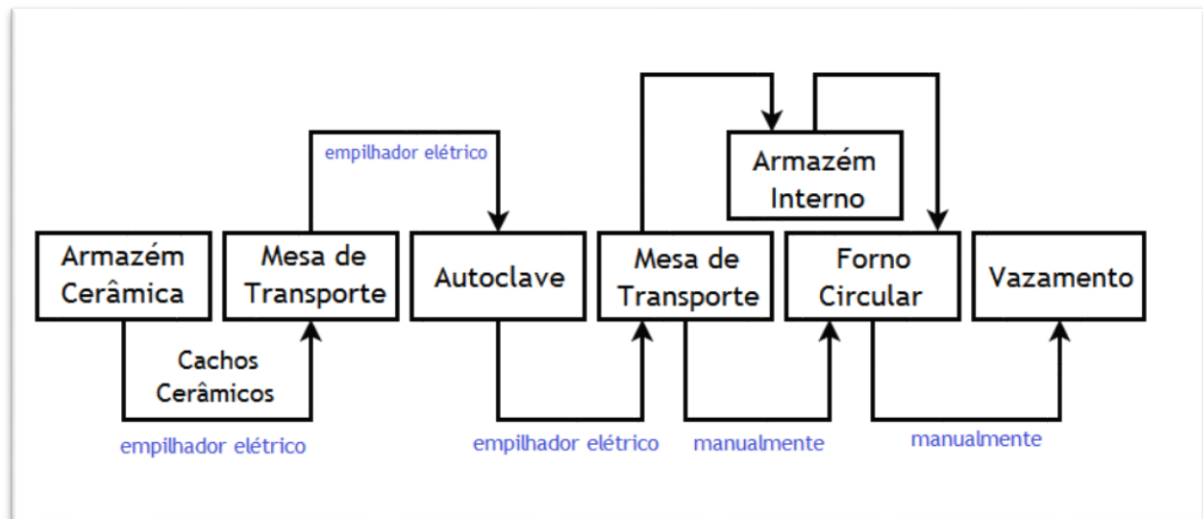


Figura 8 - Esquema do fluxo dos cachos cerâmicos.

III.3.2 Fluxo de cargas metálicas

De acordo com o planeamento de trabalho, as matérias-primas (ligas metálicas e retornos) são transportadas para a balança e pesadas recorrendo ao empilhador elétrico. As cargas prontas são colocadas no elevador das cargas.

III.3.3 Fluxo de retornos metálicos

Os retornos são gerados no setor de acabamentos, onde são agrupados de acordo com a sua composição química. Posteriormente são transportados para o elevador através de um porta-paletes manual. Os retornos são retirados do elevador com um empilhador elétrico e encaminhados para o setor de pesagem de cargas e posteriormente armazenados (ver figura 9).



Figura 9 - Esquema do fluxo de retornos metálicos.

III.3.4 Análise crítica

Problema Recorrente - O transporte dos cachos cerâmicos para o setor da fusão em vácuo é realizado num piso irregular e, quando os cachos são mal acondicionados, ficam danificados (muitas vezes inutilizados).

Proposta de Resolução - Definir o processo de acondicionamento dos cachos (independentemente da dimensão do lote), garantindo a estabilidade e impossibilidade de choque.

Problema Recorrente - a partilha do empilhador elétrico no setor de fusão sob vácuo e na preparação de cargas, afeta a movimentação das cargas e, consequentemente o fluxo contínuo do processo. Por vezes recorre-se à utilização de um empilhador a gás (situação proibida do ponto de vista de segurança).

Proposta de Resolução - Estipular horários de utilização pelos dois setores, garantindo que todas as tarefas são realizadas sem atraso e sem afetar o fluxo da empresa. Na possibilidade de ocorrência de tarefas simultâneas, deve-se recorrer ao empréstimo de um equipamento de outro setor, desde que não prejudique a sua atividade.

III.4 Setor de Acabamentos

Neste setor procede-se à remoção dos excessos de material, mais precisamente, os sistemas de gitagem e realiza-se a granalhagem e limpeza das peças (*layout* do setor disponível no anexo 4).

III.4.1 Fluxo de cachos metálicos e peças

Após o abate, os cachos metálicos seguem para a secção de corte, através de um sistema de carris interno, para as respectivas bancadas de trabalho. No corte, as peças são separadas dos cachos e são sujeitas a operação de granalhagem. Depois, são transportadas para a limpeza com soda cáustica, em caixas colocadas em carros de transporte próprios e colocados em cestas. No final, as peças são colocadas no armazém do setor recorrendo-se novamente aos carros de transporte. Os gitos são agrupados em caixas e colocados em paletes, sendo transportados para o setor de preparação de cargas pelo empilhador elétrico, que os coloca no elevador (ver figura 10).

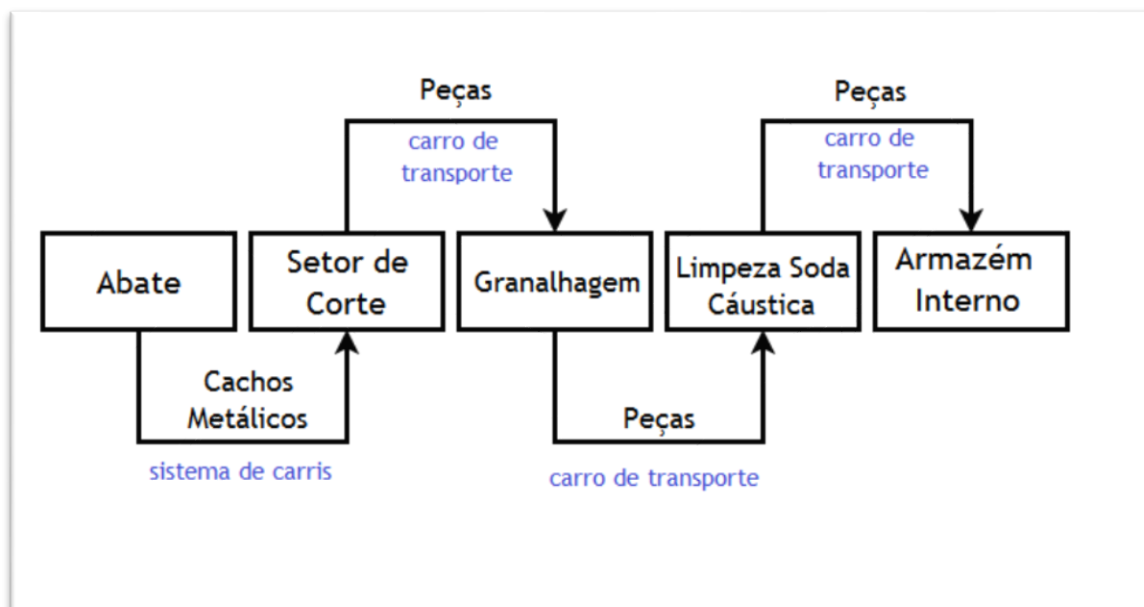


Figura 10 - Esquema do fluxo de cachos metálicos e peças.

III.4.2 Fluxo de materiais subsidiários

A movimentação dos materiais subsidiários é pouco frequente, dado que a sua durabilidade é muito alargada. O setor dispõe de armazenamento intermédio o que torna as reposições pouco frequentes. O processo de reposição ocorre em de acordo com a necessidade do setor; É feita a requisição ao armazém e o mesmo envia o material subsidiário para o setor, havendo um operador que através do elevador recolhe o material e o armazena internamente.

III.4.3 Análise crítica

Problema Recorrente - Quando são granalhadas pequenas quantidades de peças, existe a tendência para saírem da cesta e ficarem misturadas com a gralha. Quando isto não é visível, não se recuperam as peças, sendo uma perda considerável.

Proposta de Resolução - Como não se pode impor quantidades certas de peças a granalhar, sugere-se a aplicação de uma rede, que não interfira no processo e que impeça as peças de se misturarem no fundo da gralha.

Problema Recorrente - No caso das peças de maior produção a localização da granalhagem é bastante distanciada do local onde é feito o controlo final e embalamento tornando o transporte por porta-paletes manual muito demorado e desgastante para o operador.

Proposta de Resolução - A solução ideal seria a criação de um local próprio direcionado para os acabamentos. Desta forma as movimentações seriam reduzidas ao mínimo.

III.5 Setor de Acabamentos Finais

Neste setor são realizados os polimentos, rebarbagem e endireitamento de peças (*layout* do setor disponível no anexo 5).

III.5.1 Fluxo de peças em acabamento

As peças são colocadas em caixas no parque de peças do setor. De acordo com a ordem de fabrico faz-se o levantamento das caixas utilizando-se o carro de transporte do setor. Consoante a operação a que se destina (Polimento, Rebarbagem, Endireitamento e Tratamentos Térmicos), as peças são transportadas para o posto de trabalho, utilizando a ponte rolante do setor. Concluídas as etapas de acabamento, as peças são colocadas no parque interno para serem transportadas para os tratamentos térmicos com o respetivo carro de transporte. Realizado o tratamento térmico, as peças regressam ao parque interno para operações de endireitamento (quando necessário), recorrendo, uma vez mais, à ponte rolante. As peças ainda podem ser deslocadas no carro de transporte para a granalhagem. São entregues no controlo final no carro de transporte do setor (ver figura 11).

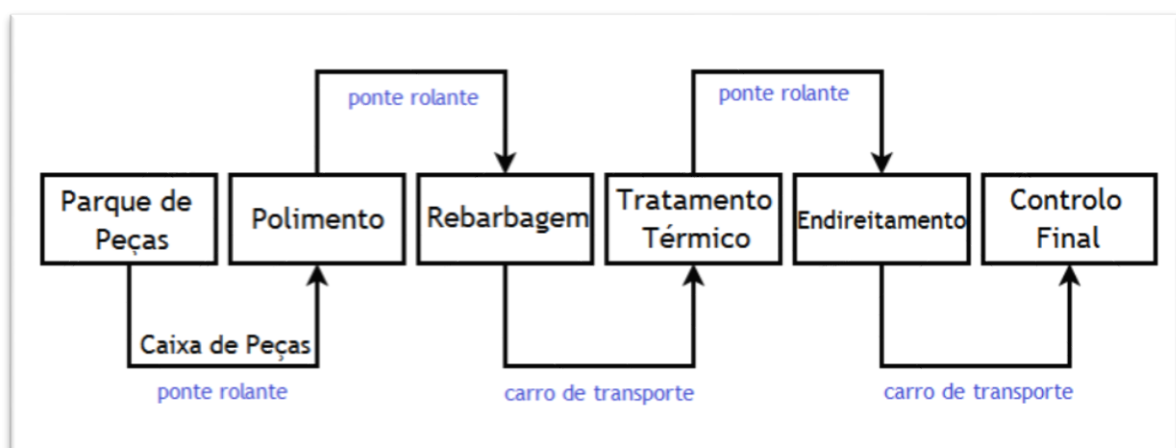


Figura 11 - Esquema do fluxo de peças em acabamento.

III.5.2 Análise crítica

Problema Recorrente - Os carros de apoio ao posto de polimento dispõem de um recipiente onde são depositados todos os resíduos gerados (ferramentas consumidas e resíduos metálicos). A não separação dos resíduos gerados dificulta o controlo do consumo de ferramentas e contribui para aumentar o número de movimentações do carro.

Proposta de Resolução- Separar as ferramentas de corte dos resíduos gerados, através da introdução de um novo recipiente.

III.6 Oficina de Moldes

Este setor faz a receção dos moldes novos e realiza as intervenções necessárias, tais como retificação de moldes em utilização. Neste setor são igualmente realizadas operações de maquinação em algumas peças (*layout* do setor disponível no anexo 7).

III.6.1 Fluxo de moldes metálicos

Os moldes são entregues na oficina de moldes utilizando o respetivo carro de transporte. Os moldes são transportados para o local de trabalho recorrendo-se à ponte rolante do setor e, alternativamente são colocados num armazém improvisado utilizando-se o porta-paletes manual. No final são transportados para o armazém de moldes ou entregues ao setor produtivo requerente, utilizando sempre o carro de transporte (ver figura 12).

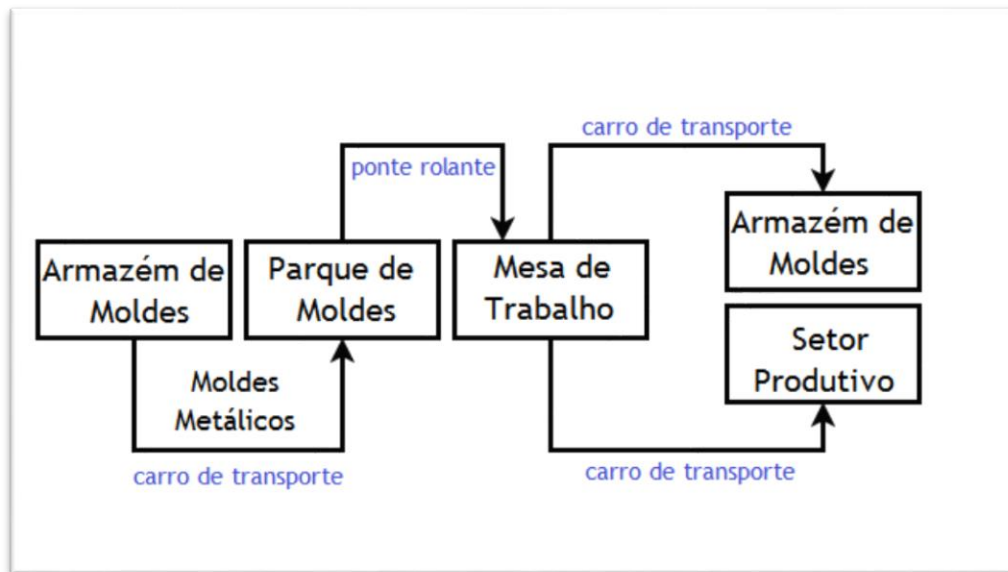


Figura 12 - Esquema do fluxo de moldes metálicos.

III.6.2 Análise Crítica

Problema Recorrente - As movimentações de um molde, desde o armazém de moldes até à oficina de moldes, obriga à utilização do elevador, mesmo que seja o transporte de um único molde. A constante requisição de moldes para retificação obriga a que essa viagem se repita muitas vezes.

Proposta de Resolução - Sugere-se a mudança do local do armazém de moldes, bem como da oficina. Concretamente, sugere-se a utilização da nave da fusão em vácuo, o que iria facilitar o transporte entre a oficina e o armazém. Deste modo seria possível criar mais espaço para o armazém de moldes dentro da oficina. A própria receção de moldes novos seria mais fácil, assim como a entrega de moldes ao setor da cera, já que existe um elevador alocado na referida nave.

III.7 Expedição

Para além do embalamento e carregamento em camião, este setor é responsável pela expedição do produto final para o cliente. (*layout* do setor disponível no anexo 7).

III.7.1 Fluxo de peças

Após aprovação do lote pelo controlo final, as peças são transportadas em caixas, utilizando o carro de transporte do setor de expedição, sendo colocadas no parque de peças para serem embaladas. As caixas de madeira utilizadas no embalamento são armazenadas internamente no setor, sendo movimentadas com ajuda do empilhador elétrico. As embalagens e as peças são sempre pesadas para confirmar quantidades, utilizando-se o empilhador elétrico para as colocar na balança. As peças são deslocadas para a zona adjacente ao cais de expedição. Dependendo do peso é utilizado o porta-paletes manual ou o empilhador elétrico (ver figura 13).

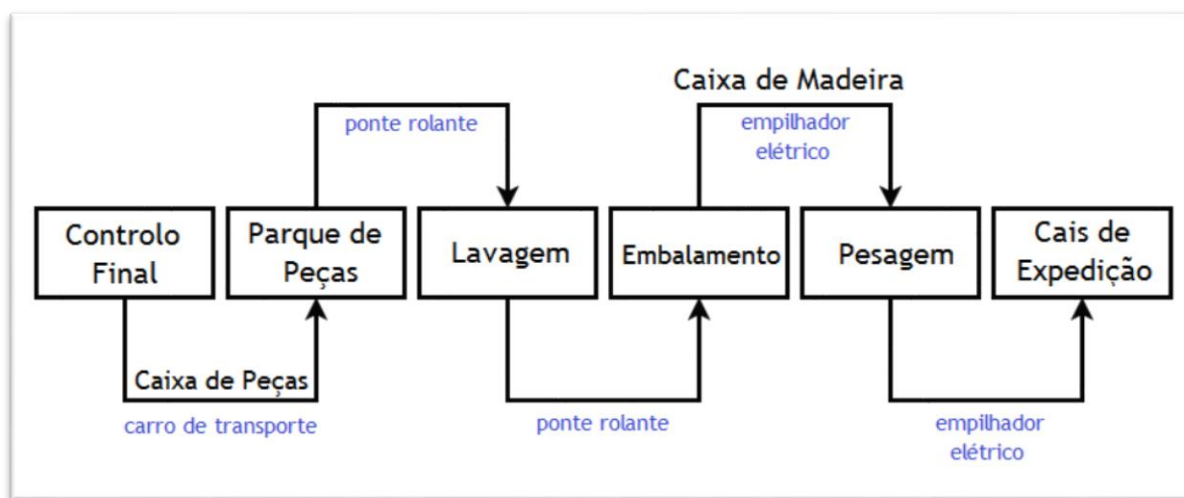


Figura 13 - Esquema do fluxo de peças.

III.7.2 Análise crítica

Problema Recorrente - o parque de peças do controlo final é bastante pequeno, não permitindo o FIFO das caixas cheias com peças. Esta situação é problemática obrigando os operadores a deslocar (à mão) caixas com um peso considerável, sendo que é indesejável do ponto de vista ergonómico.

Proposta de Resolução- é necessário garantir uma gestão das caixas com peças, por ordem de prioridade.

Problema Recorrente - no dia da expedição existe a necessidade de mais operadores para ajudarem na expedição. A maior parte das vezes esta necessidade não é satisfeita, resultando em atrasos consideráveis.

Proposta de Resolução - deve-se estabelecer um sistema de rotatividade dos operadores para que no dia da expedição haja pelo menos mais um operador disponível.

Problema Recorrente - um operador do setor da expedição faz cerca de 60 viagens por dia (expedição-controlo-expedição) para transportar uma a duas caixas de cada vez. Cada viagem pode demorar entre 2 a 3 minutos, ou seja, são gastas 2 a 3 horas por operador sem contribuir com valor acrescentado.

Proposta de Resolução - sugere-se que as caixas sejam colocadas em paletes e assim reduzir o número de viagens permitindo transportar um maior número de caixas de cada vez.

Problema Recorrente - frequentemente as peças a serem embaladas não estão finalizadas no dia da expedição, atrasando o carregamento do camião para expedir.

Proposta de Resolução - sugere-se antecipar o dia de entrega de peças no armazém para expedição de forma a facilitar o trabalho do setor da expedição, e evitar atrasos.

III.8 Armazém Principal

Este setor é responsável pela receção e reposição de materiais subsidiários e consumíveis para toda a empresa (*layout* do setor disponível no anexo 8).

III.8.1 Fluxo de materiais subsidiários (receção)

Todas as semanas chega um camião proveniente da casa mãe, estacionando perto da entrada do armazém. É feito o levantamento dos materiais do camião e colocados no parque intermédio no armazém utilizando-se o empilhador elétrico e o porta-paletes manual para manobrar dentro do camião. Após a aprovação, os lotes são transportados para um local próprio do armazém, utilizando o empilhador elétrico (ver figura 14).

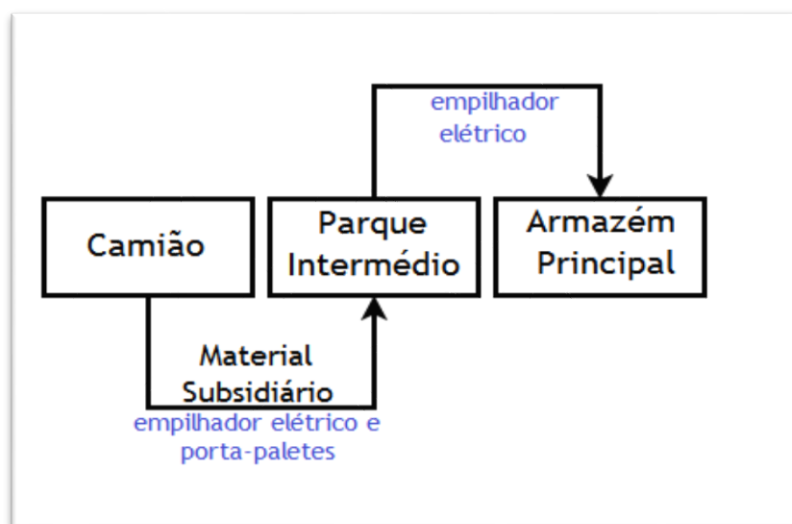


Figura 14 - Esquema do fluxo de receção de materiais subsidiários.

III.8.2 Fluxo de materiais subsidiários (entrega nos setores)

Dado que ocorrem varias requisições simultâneas, os materiais requisitados vão sendo agrupados e prontos a ser despachados recorrendo sempre ao empilhador elétrico do setor. Este processo é repetido diariamente pelo menos dez vezes, dependendo sempre da cadência da produção. Em certos casos específicos os materiais são transportados pelo empilhador elétrico do setor, pelo exterior até ao respetivo local de entrega dentro da nave da produção (ver figura 15).

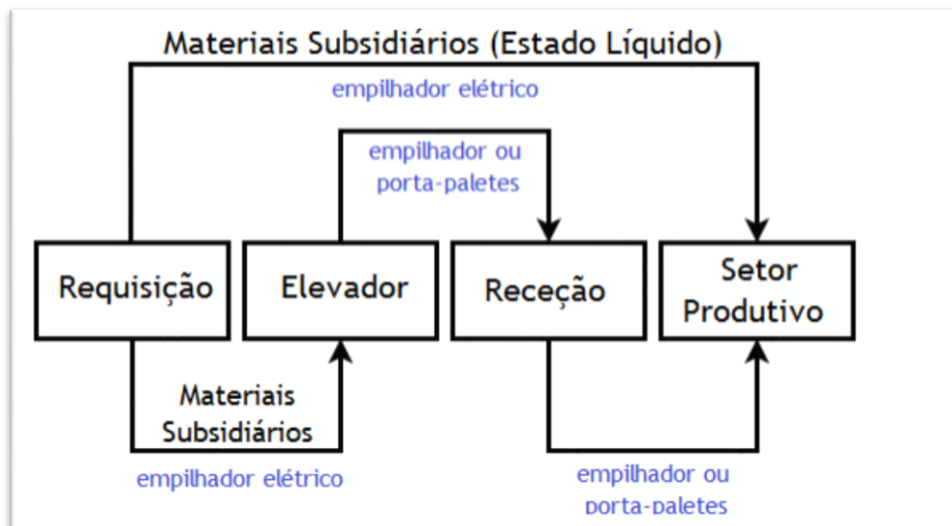


Figura 15 - Esquema do fluxo de entrega de materiais subsidiários.

III.8.3 Análise crítica

Problema Recorrente - Uma das situações mais problemática, é a acumulação de caixas de retornos do setor das cargas no meio dos corredores que condiciona o movimento dos meios de transporte. Esta situação é muito frequente, o que causa uma grande interferência no processo.

Proposta de Resolução - Sugere-se a adoção de métodos de arrumação dos retornos, evitando a acumulação dos mesmos nos corredores. São exemplos de medidas a adotar, a identificação das caixas (tipo de liga, ordem de fabrico e data de receção), o fecho das caixas (garantir mais espaço) tornando este um processo de arrumação normalizado garantindo um preenchimento mais eficiente dos espaços.

Problema Recorrente - Quando as cargas são de maior dimensão, é necessário recorrer à ajuda de um operador de outro setor para ajudar na receção. A realidade é que nem sempre existe um operador disponível e quando existe não é sempre o mesmo, implicando treino específico.

Proposta de Resolução - Sugere-se a formação de alguns operadores de outros setores que seriam requisitados nos dias de receção de materiais.

IV EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE INTERNO

Para o funcionamento da empresa, existe uma série de equipamentos para a movimentação de cargas que permitem o funcionamento do processo produtivo. No âmbito deste estudo foi dada especial atenção aos equipamentos elétricos, sendo os mais dispendiosos, os mais requisitados e com mais avarias que impossibilitam a sua utilização. Para além destes equipamentos foram analisados os equipamentos manuais.

A empresa dispõe de empilhadores elétricos (nove *stackers* e dois empilhadores tradicionais) dos quais existe uma listagem com informação detalhada disponível no anexo 9. Para além destes equipamentos, muitos setores estão equipados com gruas (pontes rolantes e gruas de bandeira). Existem ainda, circuitos internos de carril em dois setores da empresa, nomeadamente, na fusão e no setor da cerâmica.

IV.1 Equipamentos de transporte dos setores

A tabela 1 identificam-se os equipamentos alocados a cada setor, bem como os equipamentos requisitados a outros setores.

É assim possível, verificar que existem setores em que os equipamentos não são suficientes para o seu funcionamento ou que não têm equipamentos adequados a certas operações.

TABELA 1 - LISTAGEM EQUIPAMENTOS DA EMPRESA.

Setor	Equipamentos	Equipamentos requisitados
Cera	Plataforma elevatória Porta-paletes manual Mesas moveis Armazém móvel	Porta-paletes manual
Cerâmicos	2 Empilhadores elétricos 2 Porta-paletes	Empilhador elétrico (> 1000kg)
Fusão	2 Empilhadores elétricos Porta-paletes manual Mesas móveis	Empilhador elétrico
Acabamentos	Empilhador elétrico 2 Porta-paletes manual Carro de transporte manual	-
Acabamentos finais	2 Carros de transporte manual Porta-paletes manual Mesas de trabalho amovíveis	-
Vácuo	Empilhador elétrico Porta-paletes manual	Empilhador a gás
Armazém	Empilhador elétrico Empilhador a gás Porta-paletes manual	-
Expedição	Empilhador elétrico Porta-paletes manual Carro de transporte manual	-
Oficina de moldes	Porta-paletes manual	-
T.T.	Carro de transporte manual Empilhador elétrico	Empilhador elétrico (situação esporádica)

IV.2 Utilização dos equipamentos de transporte

É importante salientar que quando um equipamento não se encontra disponível, algumas tarefas não se realizam, podendo levar à paragem de um determinado setor. Os equipamentos de transporte são indispensáveis para o bom funcionamento do processo produtivo. A utilização indevida dos mesmos, os empréstimos entre setores não controlados, a utilização em atividades desadequadas às características dos mesmos, constituem as principais causas de avaria e acidentes desnecessários.

Existe assim uma necessidade de organizar e controlar a utilização dos equipamentos, de forma a garantir a sua integridade, reduzir ao mínimo as avarias, garantir a sua disponibilidade e garantir uma boa utilização.

IV.2.1 Problema detetados

As principais causas de avaria dos equipamentos elétricos estão apresentadas no diagrama de causa-efeito da figura 16:

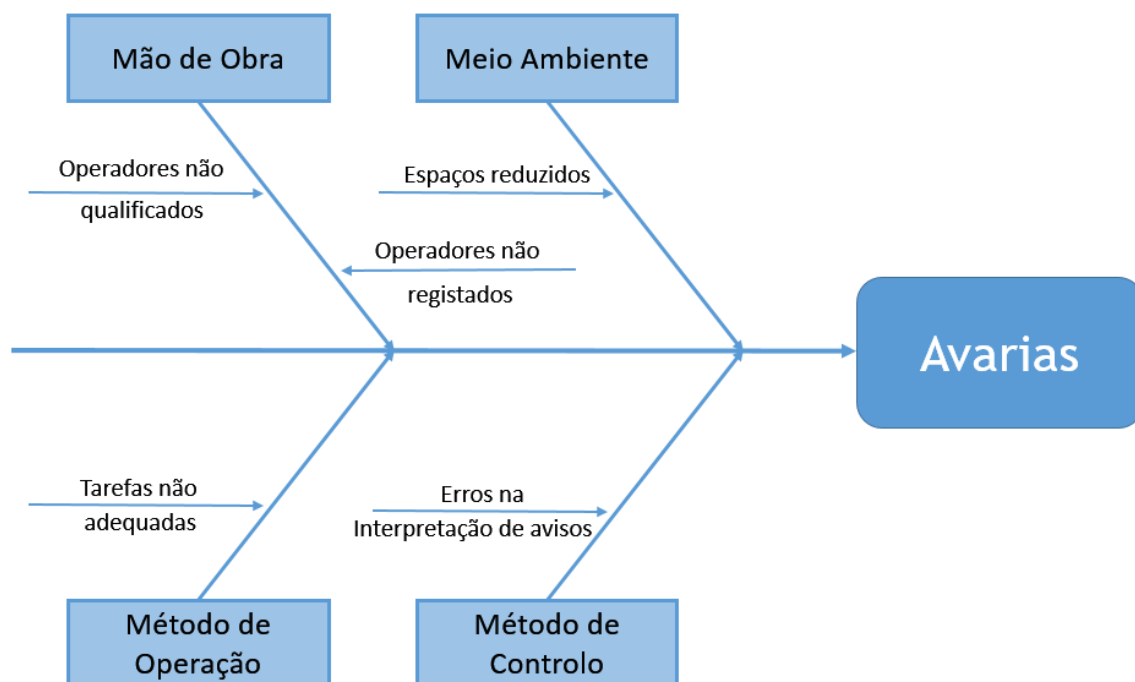


Figura 16 - Diagrama causa-efeito relativo às avarias dos equipamentos elétricos.

1. **A utilização do equipamento por alguém não qualificado** - A utilização de equipamentos de transporte por operadores sem formação contribui para a ocorrência de acidentes ou danos nos equipamentos;
2. **A limitação do espaço de manobrabilidade** - Este fenómeno é evidenciado um pouco por toda a empresa, levando à danificação das paredes e suportes de prateleiras para além do próprio equipamento;
3. **Realização de tarefas não adequadas aos equipamentos** - O transporte de cargas superiores ao limite estabelecido afeta a integridade dos mesmos;
4. **Utilização do mesmo equipamento por diferentes pessoas** - Em determinados setores é difícil saber quem utiliza os equipamentos, pois

podem ser vários operadores, assim não se consegue identificar quem provoca danos nos equipamentos;

5. **Incapacidade de interpretar avarias do equipamento** - Alguns operadores não sabem identificar e interpretar falhas dos equipamentos, continuando a utilizá-los e contribuindo para a ocorrência de avarias mais complexas.

A ocorrência de paragens imprevistas, em determinadas etapas, devido à inexistência de equipamento de transporte, constitui outro problema importante a resolver. Este problema deve-se ao empréstimo não planeado de equipamentos entre setores. O empréstimo de equipamentos não é uma situação indesejável, bem pelo contrário, permite rentabilizar a respetiva utilização, se for planeado e coordenado, ou seja, gerido por alguém internamente.

A falta de um sistema de gestão de equipamentos de transporte, leva a que se gerem situações desnecessárias e indesejáveis que provocam a indisponibilidade dos equipamentos, como demonstra o diagrama causa-efeito na figura 17.

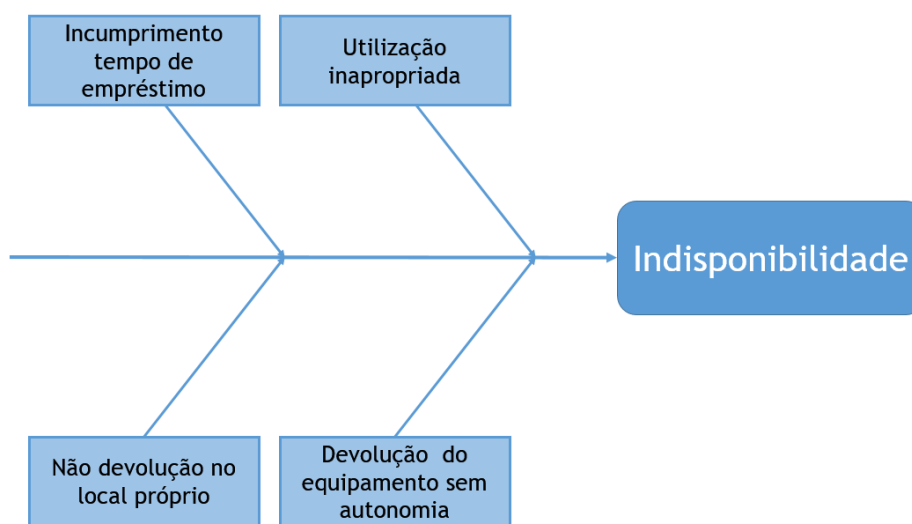


Figura 17 - Diagrama causa-efeito da indisponibilidade dos equipamentos de transporte.

1. **Tempo de empréstimo excessivo** - o equipamento é levado para uma tarefa por tempo indeterminado. Normalmente é devolvido, muito tempo depois do combinado entre as partes, acabando por afetar o fluxo produtivo em causa;

2. Não devolução do equipamento ao local de origem - realizada a tarefa para a qual o equipamento foi requisitado, o equipamento não é devolvido ao setor de origem;

3. Danificação do equipamento - por vezes os equipamentos sofrem danos resultado de uma utilização indevida dos mesmos durante o empréstimo;

4. Devolução do equipamento sem autonomia - muitas vezes o equipamento é devolvido com a bateria descarregada. Não se pode evitar o consumo de energia mas pelo menos deve-se colocar o equipamento a carregar quando é devolvido.

Na figura 18, apresentam-se imagens de alguns equipamentos elétricos da empresa num estado de degradação avançada, consequência da sua utilização indevida.



Figura 18 - Equipamentos danificados pelo uso indevido.

IV. 2.2 Sugestões de melhoria

1. Criação de uma ficha de utilização do equipamento - Com a utilização de uma ficha de utilização, passa a ser possível identificar as horas de utilização, as horas de paragem e o requisitante;

2. Formação sobre a utilização dos equipamentos - É benéfico habilitar um maior número de operadores na condução dos equipamentos. Garante-se, desta forma, maior disponibilidade de operadores capazes de operar os equipamentos;

3. Folha de intervenção de manutenção - A existência deste documento, para além de permitir registar a intervenção realizada, permite agendar a intervenção seguinte, passando desta forma a existir uma atitude preventiva ao invés de uma atitude reativa;

4. Atribuição de responsabilidade ao utilizador dos equipamentos - Ao atribuir a responsabilidade ao colaborador espera-se uma atuação mais cuidadosa e comprometida;

5. Estipulação de um horário de utilização do equipamento - Existindo um horário de utilização dos equipamentos por parte dos vários setores, torna-se possível coordenar a utilização dos equipamentos entre setores, garantindo que todos realizam as suas tarefas, não prejudicando ou atrasando o trabalho. Desta forma é igualmente possível identificar os setores que requerem menos utilização dos equipamentos, tornando-se preferenciais para a cedência dos equipamentos a outros;

6. Formulário para requisição de equipamento - A existência de um formulário de requisição, facilita muito o controlo do estado do equipamento, assim como permite analisar a utilização dos equipamentos, através de cruzamento de informação de outros dados, como sejam, os casos dos resultados da produção. Desta forma além de se tornar o processo de empréstimo do equipamento “oficializado” passa existir um dado de análise extra para controlo do processo produtivo;

7. Controlo do estado do equipamento devolvido - A partir do momento em que se registar o utilizador, qualquer operador sabe que é responsável pela utilização devida dos equipamentos;

8. Sensibilização sobre a utilização eficaz dos equipamentos de transporte - É preciso consciencializar os operadores de que os equipamentos alocados a cada setor são da empresa e que a sua utilização correta é da responsabilidade de todos.

V ANÁLISE DO *LAYOUT* DE SETORES PRODUTIVOS

O *layout* atual apresenta uma série de limitações que no cômputo geral afetam a produtividade da empresa, já que um *layout* desadequado afeta a organização de cada setor e consequentemente a produtividade global. O principal problema que se verifica (nos vários setores) é a falta de espaço (arrumação e movimentação), para dar resposta ao aumento da cadência de produção na sequência do aumento de encomendas. Particularmente, o espaço de armazenagem e expedição do produto final é demasiado pequeno para as necessidades atuais da empresa. Outro problema que se verifica é a falta de espaço para movimentação dos equipamentos de transporte de cargas. De facto a utilização destes equipamentos num espaço limitado provoca danos tanto ao nível dos equipamentos como dos materiais que são transportados e até a nível das infraestruturas. Outro problema é a falta de um parque de resíduos, pois, apesar de existir um espaço em que são colocados a maior parte dos resíduos, não se encontra preparado para essa função. Estes três problemas foram analisados e conduziram à proposta de alteração de *layout*, atendendo às limitações próprias da empresa.

De referir que a empresa dispõe de uma nave dedicada à fusão e vazamento sob vácuo que apresenta uma área de aproximadamente 1200 m² não ocupada e que poderia resolver os problemas acima referidos refletindo-se numa mais-valia para a empresa. O aproveitamento desse espaço com a alocação dos setores do Armazém Principal e Expedição, pode contribuir para uma melhoria significativa do fluxo contínuo da produção.

V.1 Caso de estudo I - *Layout* do setor de fusão (preparação de cargas)

V.1.1 Situação atual

O setor da fusão (preparação de cargas) utiliza um espaço próprio para armazenar e preparar as cargas da fusão. A falta de espaço adequado é um problema, acumulando-se retornos nos corredores do setor. O atual espaço é também ocupado pelo armazém. Com a deslocação do armazém para a nave da fusão em vácuo, o espaço passaria a ser utilizado para a preparação de cargas de fusão e ainda permitiria alocar neste espaço as etapas de acabamento da peça de maior volume de produção da empresa, uma vez que a operação de granalhagem é atualmente realizada neste setor.

V.1.2 Caracterização novo espaço e aspetos críticos - (preparação das cargas)

O *layout* do setor das cargas altera-se em termos de organização interna como é possível observar na figura 19, mantendo-se a atual zona de trabalho e pesagem. Quanto à armazenagem, considera-se a utilização de quarenta prateleiras (cento e sessenta espaços de arrumação) para matéria-prima, matéria-prima subsidiária e retornos. O espaço mantém-se partilhado com a manutenção (incluindo o gabinete de eletricidade).

Alocado a este setor fica ainda um posto de granalhagem de gitos, eliminando a movimentação destes, como acontece atualmente.

Para que esta estrutura funcione, é necessário sensibilizar os operadores do setor, para o novo modelo de arrumação dos materiais em caixas fechadas e, devidamente identificadas dos retornos metálicos, devendo-se praticar a cultura FIFO.

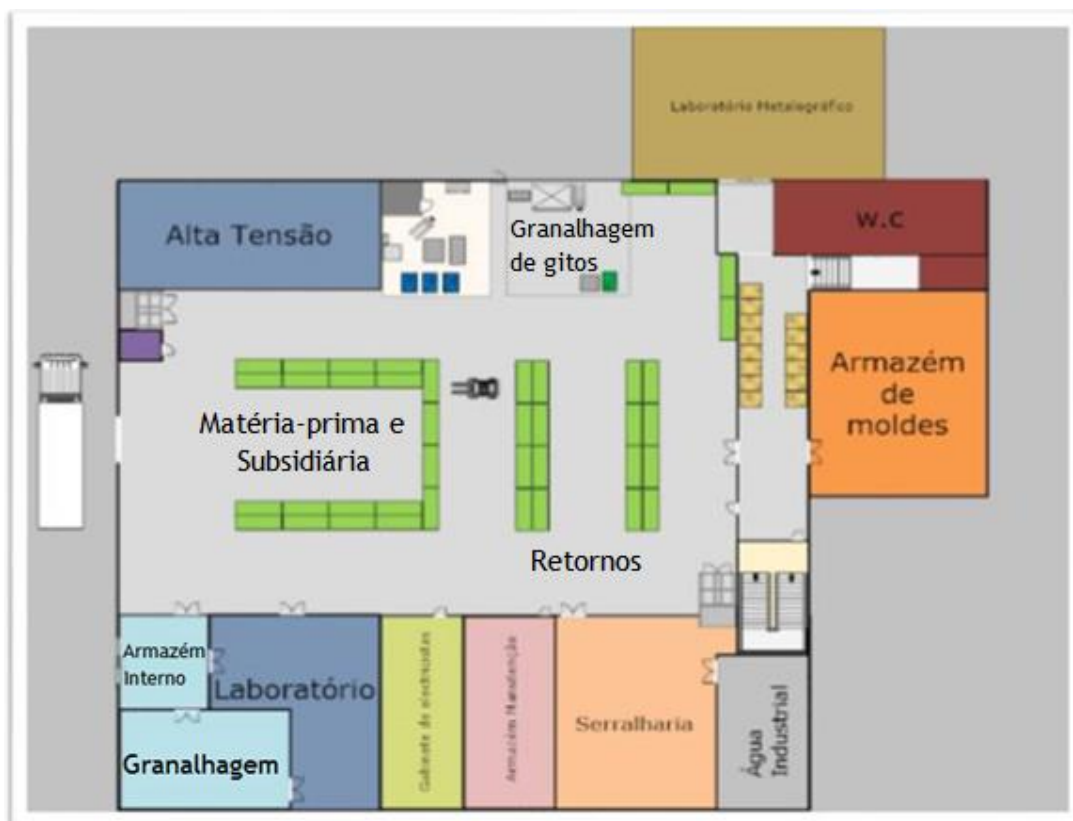


Figura 19 - *Layout* proposto do setor.

Outro aspeto crítico não menos importante, é a necessidade de garantir um processo de receção/entrega de materiais comprados, tarefa realizada pelo atual armazém principal.

Pode-se propor uma versão ligeiramente diferente (figura 20), que permite facilitar a movimentação dentro do setor com uma alteração na disposição das prateleiras. A receção pode ser feita da mesma forma, ficando-se com a primeira fileira de prateleiras para arrumação de material subsidiário, ganhando-se espaço para a receção intermédia.

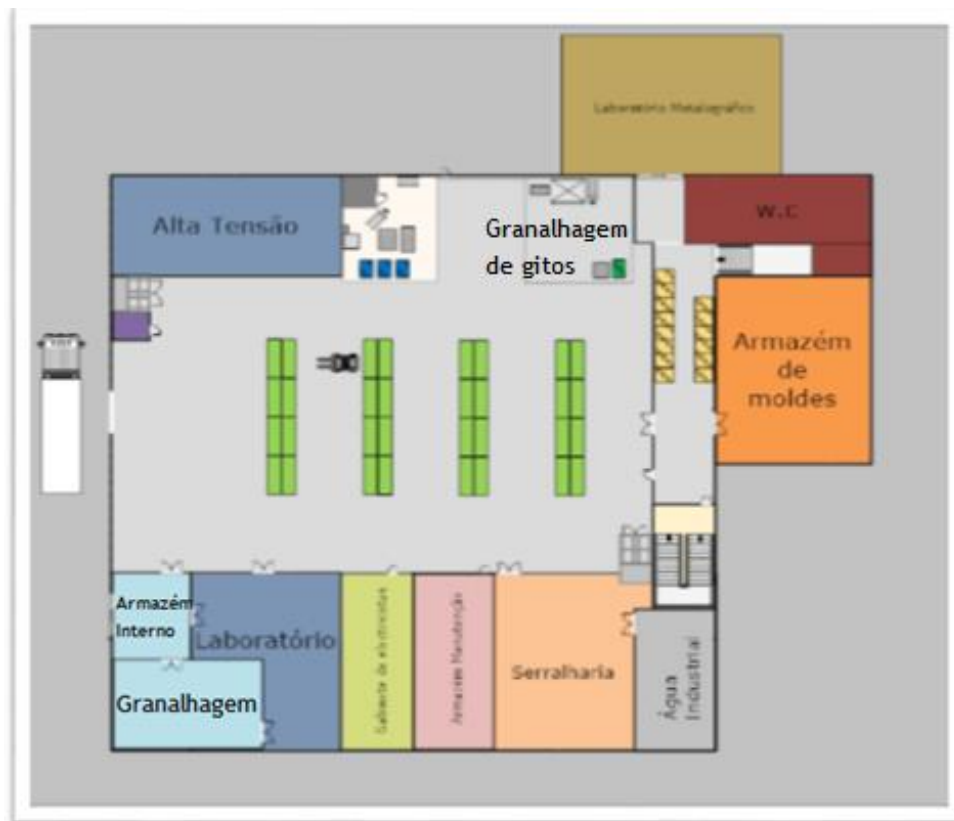


Figura 20 - Layout alternativo do setor.

V.1.3 Caracterização novo espaço e aspetos críticos - (Acabamento da peça de maior volume de produção)

No caso da peça de maior volume de produção, consegue-se reunir no mesmo espaço a zona de granalhagem, o laboratório de inspeção e o armazém interno.

O único aspeto crítico a salientar é a movimentação entre o armazém interno do setor e o setor da expedição, obrigando a utilização de dois elevadores ou a circular pelo exterior da empresa.

V.1.4 Distâncias e tarefas

Para a melhor compreensão e fundamentação das alterações realizadas no *layout* do processo, foram realizadas medições das distâncias de movimentação de material entre os diferentes setores envolvidos, comparando a situação atual e a proposta (ver tabela 2).

TABELA 2 - DISTÂNCIAS PERCORRIDAS ENTRE SETORES.

Percurso	Situação atual	Situação proposta
Acabamentos → Preparação de Cargas (gitos)	70 m + elevador	42 m + elevador
Armazém → Preparação de Cargas	40 m	233 m
Preparação de Cargas → Vácuo (M.P e Subsidiária)	165 m	44 m
Preparação de Cargas → Vácuo (cachos)	195 m + elevador	
Granalhagem → Laboratório → Armazém → Expedição	191 m +2 elevadores	128 m

Analisando os dados da tabela 2, verifica-se, as distâncias percorridas são consideravelmente menores e também se verifica, a eliminação do elevador em duas situações.

A maior diminuição verifica-se na movimentação da matéria-prima e subsidiária para o setor de vazamento sob vácuo (menos 121 metros), passando a ser entregue diretamente no destino.

O resultado do percurso entre o armazém e o setor de preparação de cargas de fusão (aumento de mais 193 metros), pode ser consideravelmente otimizado se se criar um processo de receção autónoma dos materiais no próprio setor de preparação das cargas, evitando assim a deslocação do armazém até ao setor. Nesta situação a deslocação entre armazém e preparação das cargas seria nula.

V.2 Caso de estudo II - *Layout* Armazém Principal e Expedição

V.2.1 Situação atual

Atualmente o armazém principal dispõe de oitenta e um espaços de arrumação, sendo capaz de acomodar cerca de cento e sessenta e duas paletes de materiais subsidiários e dezoito tanques de matérias líquidas.

A distância entre prateleiras no armazém principal é de aproximadamente quatro metros, distância reduzida para a movimentação dos equipamentos.

Existem espaços que não podem ser utilizados devido a condicionantes da construção (tetos baixos e pilares).

O espaço para embalagem e expedição é bastante reduzido obrigando ao armazenamento no exterior.

V.2.2 Caracterização do novo *Layout* e aspetos críticos - Armazém

O novo espaço como demonstra a figura 21, dispõe de 6 fileiras de arrumação (cada uma com cinco espaços, cada espaço com quatro locais para arrumação). Em cada local de arrumação é possível alocar duas paletes de tamanho normalizado (europeu). Dessa forma podem ser alocadas, duzentas e quarenta paletes de material. De acordo com os cálculos realizados (disponíveis no anexo 10 e 11) o consumo médio mensal é de duzentas e trinta e sete paletes, uma palete de soda cáustica e quarenta e seis bidões de material líquido. Sendo a capacidade do novo espaço de duzentas e quarenta paletes, pode-se concluir que existe espaço suficiente para acomodar o equivalente de um mês de produção (objetivo estabelecido pela empresa).

Entre cada fileira existe um espaço de manobra de aproximadamente cinco metros, devendo ser no mínimo quatro metros e meio.

A zona de descarga e aprovação dos materiais fica com uma área de 28 m². O espaço passa a dispor de um portão com acesso ao exterior. Sob esse portão deve-se construir uma cobertura para proteção dos materiais.

Esta solução inviabiliza a utilização do elevador para transportar materiais para a nave do setor produtivo, assim o transporte dos materiais terá que ser feito pela parte exterior da empresa, solução considerada viável.

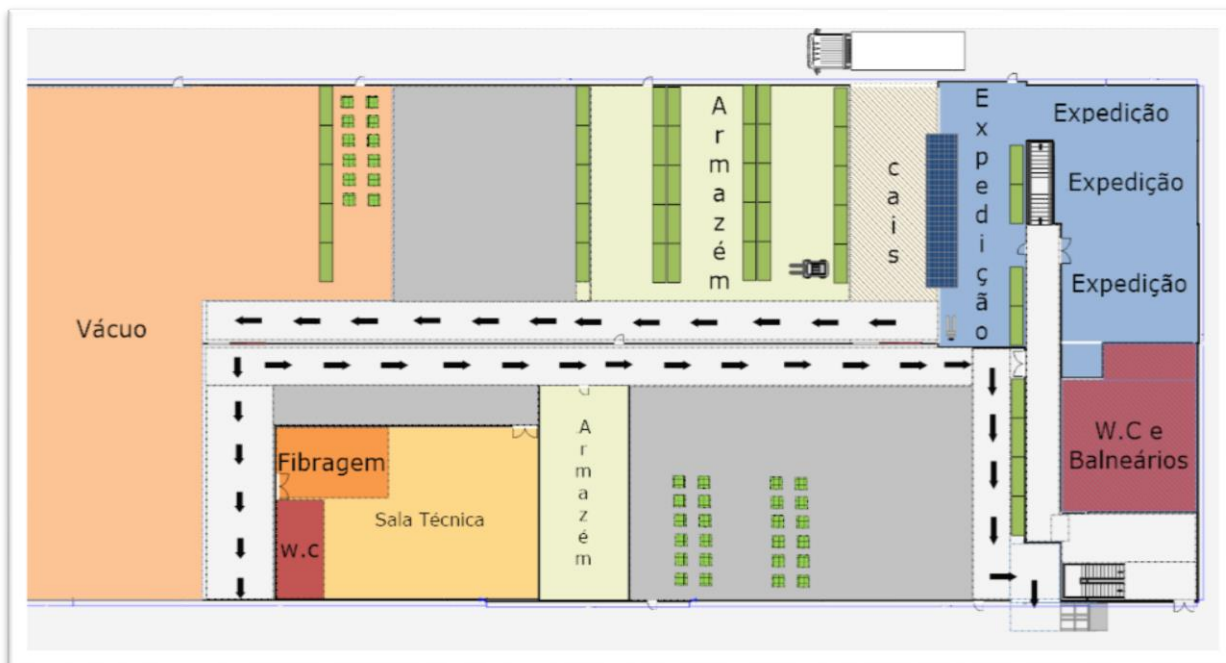


Figura 21 - *Layout* Armazém Principal e Expedição.

V.2.3 Caracterização do novo *Layout* e aspetos críticos - Expedição

O novo espaço ocupa uma área de 112 m² na nave da fusão em vácuo partilhando com o armazém o portão de acesso ao exterior, como demonstra a figura 21. Fica conectado à restante fábrica através de um elevador de carga máxima de 2000 kg assim como através da saída pelo exterior (assinalado na figura 21).

Para que seja viável a expedição neste novo local, é necessário um equipamento de elevação de carga que permita carregar os camiões ou então a existência de um cais.

Outra necessidade do setor é a existência de uma grua de bandeira para realizar a movimentação e distribuição de cargas por paletes, como ocorre atualmente.

V.2.4 Distâncias e tarefas

O armazém é responsável pelo abastecimento de todos os setores. Fez-se uma comparação das distâncias de movimentação relativamente à situação atual e à proposta (ver tabela 3).

TABELA 3 - DISTÂNCIAS PERCORRIDAS ENTRE SETORES.

Movimentação	Situação atual	Situação proposta
Armazém Principal → Setor Cera	486 m	223 m + elevador 143 m
Armazém Principal → Setor Cerâmica	106 m + elevador	104 m + elevador 133 m
Armazém Principal → Setor Cerâmica (Materiais líquidos)	526 m	120 m + elevador 190 m
Armazém Principal → Setor Cargas	40 m	233 m 0 m
Armazém Principal → Setor Vácuo	100 m	44 m
Granalha → Laboratório → Armazém → Expedição	363 m + elevador	191 m + 2 elevadores 128 m
Acabamentos Finais → Controlo Final → Expedição	131 m	140 m + elevador 85 m

Perante os dados da tabela 3, é possível, uma vez mais, destacar a diminuição da distância percorrida entre os vários setores.

Com a exceção de dois casos particulares, um previamente referido (abastecimento de materiais do setor das cargas) e o outro relativo à entrega da peça acabada na expedição, sendo o aumento na ordem dos nove metros e com a utilização do elevador. Esta situação pode ser otimizada com a movimentação realizada pelo exterior da empresa.

Destaca-se a diminuição da distância percorrida entre o armazém principal e o setor da cerâmica no caso específico do transporte de materiais líquidos (menos 406 metros) com a possibilidade de realizar uma rota sem a utilização do elevador (menos 336 metros).

V.3 Caso de estudo III - *Layout* Controlo final

V.3.1 Situação atual

O espaço atual do controlo final é relativamente pequeno, dispondo de uma área de 12,5 m². O resultado do controlo é a aprovação ou rejeição de lotes, sendo necessário um espaço para acomodar as caixas de peças, o que nem sempre acontece.

V.3.2 Caracterização novo espaço e aspetos críticos - Controlo final

O novo espaço (ver figura 22) utiliza a área atualmente ocupada pela expedição. Dispõe de um local para o operador executar a tarefa de controlo. Passa a dispor de uma grua de bandeira para movimentar caixas ou mesmo para distribuir as caixas por paletes, de forma a obter uma melhor organização dos lotes de peças. Foi criado um espaço para colocar os produtos à espera de controlo (vermelho) e para os produtos controlados e aprovados (verde). Cada espaço é capaz de alocar quatro paletes, o que equivale a cerca de seis caixas metálicas por paleta. Foi projetado um posto de embalagem intermédio com uma balança e uma zona de arrumação com quatro fileiras de prateleiras, onde se podem armazenar os materiais necessários para o embalamento. Na zona de cais existe um espaço que pode ser utilizado para arrumar paletes (ou outro qualquer material de consumo do setor).

A utilização deste espaço obriga a utilizar paletes, caso contrário os problemas que se verificam atualmente só iriam ser acrescidos, pois o transporte caixa a caixa de material iria ser ainda mais demorado.

A existência de espaço para armazenamento intermédio, é excessivo em relação as necessidades atuais do setor, tornando-se um convite fácil para outros setores produtivos ocuparem aquele espaço com os seus materiais, gerando alguma confusão e colocando entraves na gestão logística da empresa. Apesar de ser atualmente excessivo, considera-se necessário num futuro próximo.

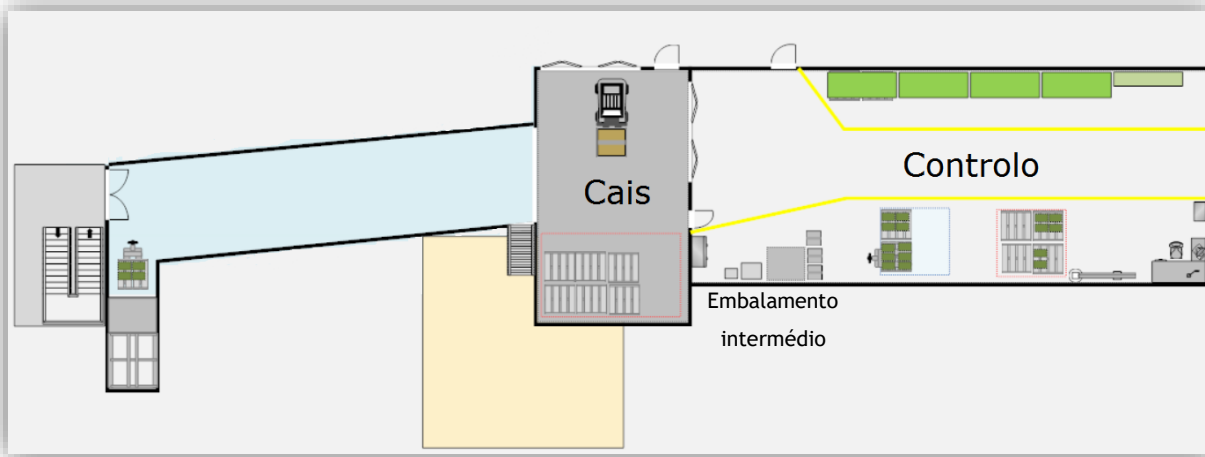


FIGURA 22 - LAYOUT PROPOSTO DO CONTROLO FINAL.

V.3.3 Distâncias e tarefas

O setor do controlo final recebe peças provenientes dos Acabamentos Finais ou dos Tratamentos Térmicos e envia as peças aprovadas para a expedição. As distâncias percorridas nas respetivas movimentações estão referenciadas na tabela 4.

TABELA 4 - DISTANCIAS PERCORRIDAS ENTRE SETOR.

Movimentação	Situação atual	Situação proposta
Acabamentos Finais → T.T. → Controlo Final	75 m	117 m
Acabamentos Finais → Controlo Final	16 m	57 m
Controlo Final → Expedição	48 m	85 m + elevador

Analisando a tabela 4, conclui-se que a situação proposta em comparação com a situação atual apresenta, um aumento em todos os percursos. Este aumento justifica-se pela mudança de local que permite aumentar o espaço para o controlo final.

Ao garantir o aumento de espaço e a adoção de uma nova metodologia de acondicionamento das peças controladas (distribuir os diferentes lotes por paletes), consegue-se reduzir o tempo despendido no transporte das peças entre o setor de controlo e a expedição, já que passa a ser possível transporte um lote completo de cada vez (e não caixa a caixa). No longo prazo esta situação compensa o aumento da distância

V.4 Caso de estudo IV - Parque de Resíduos

V.4.1 Situação atual

Atualmente os resíduos encontram-se dispersos por vários locais. Os resíduos de cera, areias, lamas, soda cáustica, líquidos penetrantes e outros consumíveis estão num espaço, ao ar livre, nas traseiras do Armazém 02 (ver figura 23). As sucatas, cartão e madeira estão em contentores industriais, igualmente ao ar livre.



Figura 23 - Local de deposição dos resíduos.

Para possibilitar a estruturação de um espaço adequado, foi feito um levantamento das quantidades atuais de resíduos e proposto um espaço para cada tipo de resíduo específico como apresentado na tabela 5.

A quantidade de resíduos que se geram é uma variável que depende, entre outros fatores, do volume de produção. Para estimar as quantidades geradas e o espaço necessário para o respetivo armazenamento, foi analisada a quantidade de resíduos gerados anualmente, tendo em consideração a frequência de recolha como apresentado igualmente na tabela 5.

TABELA 5- QUANTIDADES DE RESÍDUOS GERADOS.

Material	Quantidade	Frequência recolha
Blocos de Cera	30-40 Uni.	A cada 30 unidades
Lixo comum e consumíveis	3-6 <i>Big Bags</i>	De acordo com a recolha dos blocos de cera
Líquidos penetrantes	20 -30 Uni.	Anual
Areias	8-10 <i>Big Bags</i>	Bimensal
Lamas e Soda Caustica	8-12 Uni.	Semestral
Cartão	1 Contentor (~1000 kg)	Quando repleto
Madeira	1 Contentor	Quando repleto
Sucata Variada	1 Contentor	Quando repleto
Sucata magnética e não magnética	3-4 Toneladas (2 - 4 caixas)	Semanal

V.4.2 Caracterização novo espaço e aspetos críticos - Parque de resíduos

O novo espaço proposto está dividido em três áreas distintas e cobertas (ver figura 24). Um espaço destina-se aos três contentores que atualmente existem, o do cartão, da sucata (sucata pesada) e da madeira. O espaço entre eles permite a circulação de um empilhador. Outro espaço destina-se a paletes com bidões em plástico e metal, que contêm lamas e soda cáustica respetivamente. São acomodados os *big bags*, os bidões de resíduos líquidos e ainda espaço de arrumação de paletes de madeira. O espaço permite a circulação de um empilhador com acesso a todas as zonas. Existe ainda uma área destinada aos resíduos de cera, bidões de plástico e metal dos variados resíduos e sucatas metálicas. Foi inserido um espaço de escritório para um possível operador do setor.

A criação deste espaço obriga a uma maior movimentação por parte dos empilhadores. É importante, garantir uma altura mínima da cobertura do parque de resíduos para a circulação dos camiões responsáveis pela recolha.

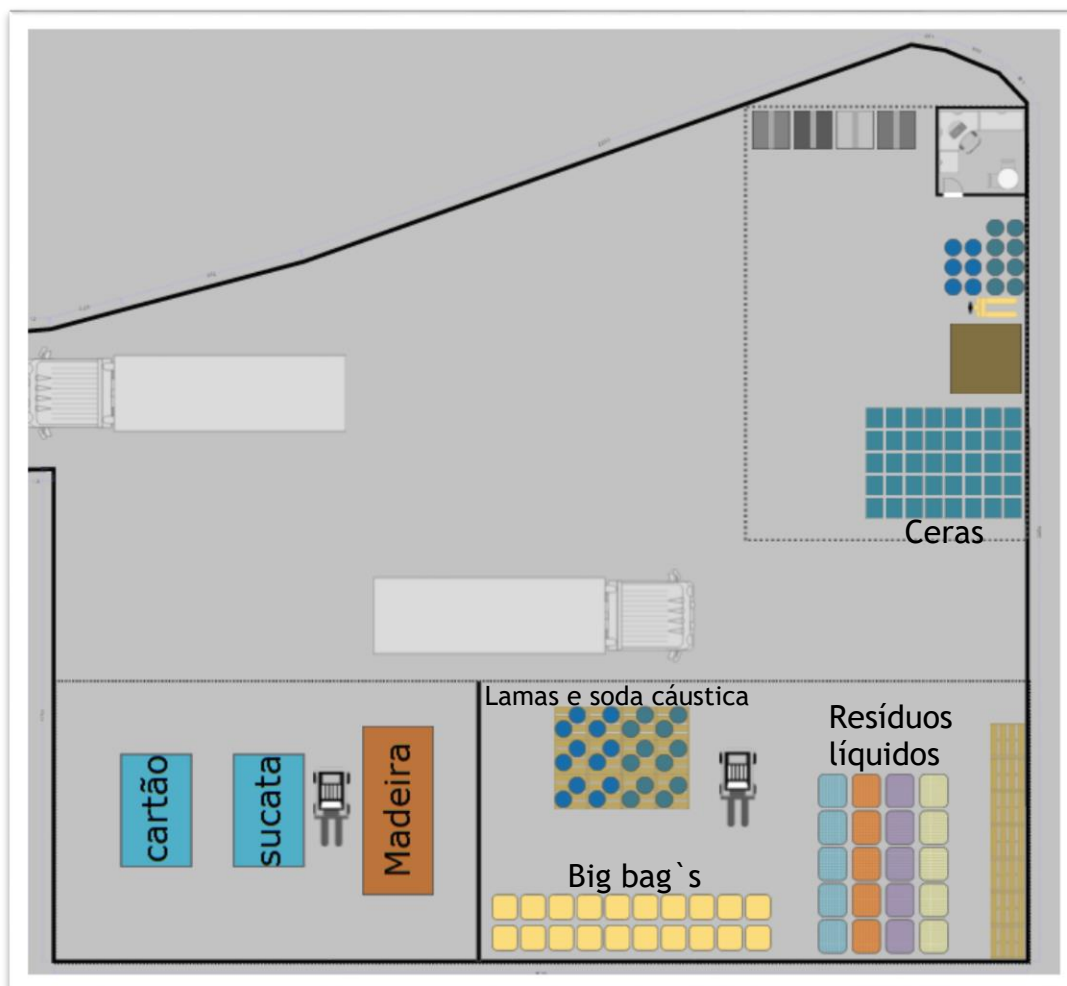


Figura 24 - Layout proposto para o parque de resíduo.

Uma segunda opção consiste no aproveitamento de um espaço existente no Armazém 02. Atualmente este armazena materiais utilizados na expedição, como é o caso de caixas de madeira e plástico da indústria automóvel. Armazena ainda outros materiais, tais como cachos para recuperação e maquinaria desativada.

O espaço físico encontra-se degradado, sem isolamento térmico e com excessiva humidade. O facto de o espaço ser coberto, constitui uma mais-valia para parque de resíduos e também permite a movimentação do empilhador e dos camiões que fazem a recolha dos resíduos, como pode ser observado na figura 25.

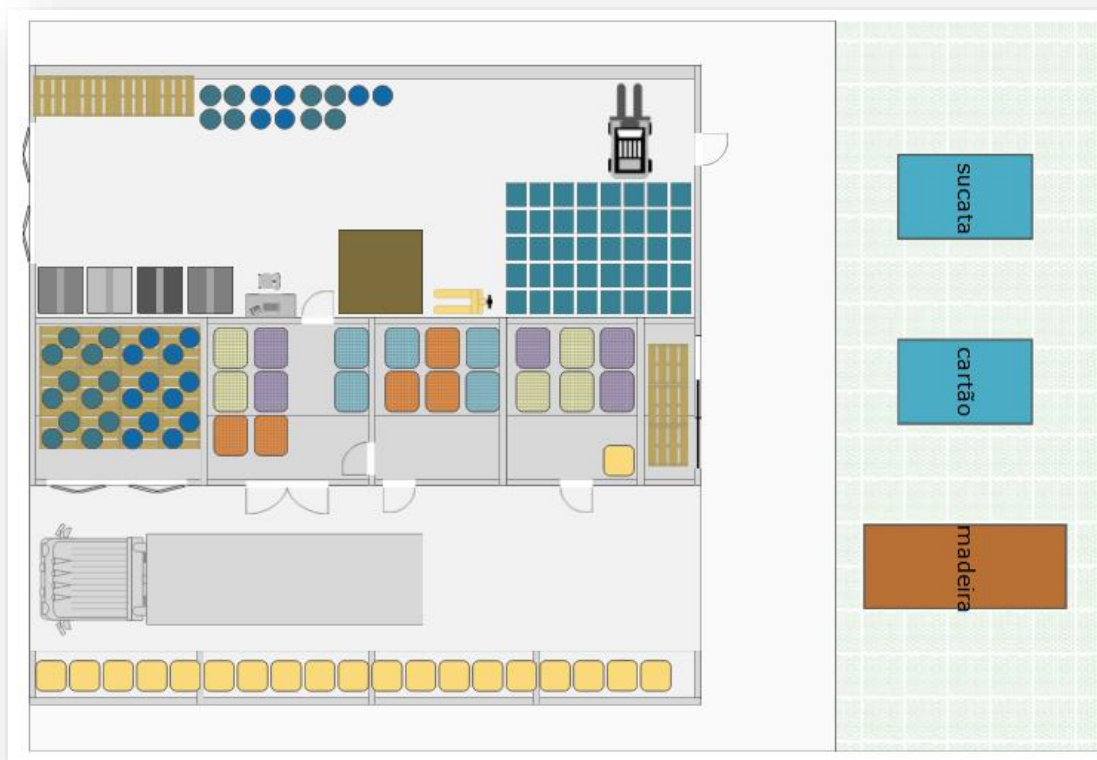


Figura 25 - *Layout* do armazém 02 utilizado como parque de resíduos.

O espaço dispõe de uma área total de 380 m². Complementando o mesmo existe uma zona de arrumação exterior abrigada e ainda um espaço com acesso pelo exterior.

Foi possível acomodar todos os resíduos estipulados para a 1ª opção, obviamente ficando confinados a um espaço menor mas, igualmente acessíveis e organizados. Nesta situação houve rentabilização do dito espaço relvado para alocar os três contentores de sucata diversificada, sendo que o acesso não é condicionado, dado que existe uma passagem interior onde é capaz de circular um camião TIR. O próprio espaço exterior abrigado é utilizado para acomodação de *big bags*. As salas são utilizadas como uma espécie de armazéns independentes, estando os bidões de soda caustica, lamas e outros materiais numa sala, os bidões de resíduos líquidos ocupam as restantes três salas, podendo ser a sua taxa de ocupação menor considerando o empilhamento das mesmas (limitado a duas). A cera e restantes sucatas metálicas são armazenadas no espaço principal onde ainda existe espaço para material extra como se pode observar no esquema da figura 25.

V.4.3 Distâncias e tarefas

O parque de resíduos tem a função de receber e armazenar temporariamente os resíduos gerados pela empresa. As distâncias percorridas pelos resíduos entre os setores e o parque estão referenciadas na tabela 6.

TABELA 6 - DISTÂNCIAS PERCORRIDAS PELOS RESÍDUOS.

Movimentação	Situação atual	Situação projetada 1	Situação projetada 2
Cera - Parque de Resíduos	348 m	348 m	302 m
Cerâmica - Parque de Resíduos	310 m	310 m	278 m
Cargas - Parque de Resíduos	20 m	138 m	168 m
Armazém Principal - Parque de Resíduos	138 m	138 m	168 m

Ao analisar os dados da tabela 6, verifica-se que existe semelhança entre as distâncias da situação atual e da projetada, já que não há mudança de local do parque.

A segunda situação projetada, permite diminuir a distância percorrida, já que o novo local se encontra mais perto do acesso à nave produtiva da empresa.

Com a conceção deste espaço é necessário ter em consideração que os setores da fusão e o armazém, terão que percorrer uma distância maior para depositar os seus resíduos.

VI CONCLUSÕES

O *Lean Management* é uma filosofia de otimização com grande interesse e potencial para as empresas, pois permite identificar e corrigir o desperdício gerado no processo produtivo, sem investimentos avultados e com foco naquilo que a empresa dispõe, traduzindo-se sempre em maior lucro empresarial.

Na realização deste trabalho, os conhecimentos da metodologia *Lean* aplicados à realidade empresarial (estudo dos casos propostos) permitiu uma análise detalhada e crítica da situação atual da empresa. A visualização, compreensão e análise crítica do funcionamento das diferentes etapas do fluxo produtivo da empresa permitiram sugerir alterações que podem constituir uma melhoria do funcionamento dos setores produtivos da empresa.

Na análise crítica da movimentação de materiais foi possível identificar alterações que contribuem para garantir um fluxo contínuo de produção.

Na análise crítica sobre a utilização dos equipamentos de transporte da empresa identificou-se um conjunto de situações prejudiciais ao funcionamento do processo de fabrico. As sugestões de melhoria apresentadas para cada um dos casos, são de implementação fácil e sem investimentos avultados.

O estudo do *layout* atual permitiu projetar novos espaços que dão resposta às necessidades (funcionais e estruturais) da empresa.

É ainda de salientar a existência de uma cultura reativa (por parte de alguns colaboradores) no que diz respeito aos problemas bem como uma posição de resistência relativamente a alguns objetivos traçados pela direção. Assim sugere-se um maior envolvimento dos colaboradores na concretização dos objetivos traçados.

Por último, reconhecendo e acreditando no potencial da metodologia *Lean* e no potencial humano e logístico da empresa, considera-se que o desenvolvimento da aplicação do *Lean*, constitui uma grande mais-valia, a médio e longo prazo.

VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

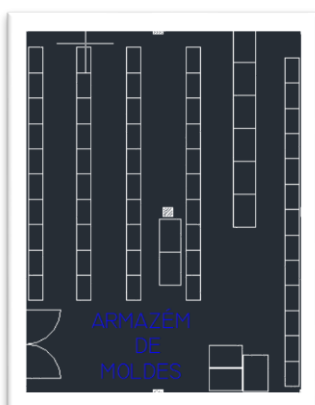
1. Zhou, B., *Lean principles, practices, and impacts: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs)*. Annals of Operations Research, 2012: p. 1-18.
2. Maia, C., *Virgílio Oliveira - CEO da Zollern & Comandita*. Revista da associação Portuguesa de Fundação, 2015: p. 4-9.
3. Zollern: Bem-vindo à ZOLLERN. Metal em movimento (2015). [Consult. 5 jan. 2016]. Disponível em: <<http://www.zollern.de/br.html>>.
4. Kumar, M., et al., *Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study*. Production Planning and Control, 2006. 17(4): p. 407-423.
5. Dombrowski, U. and I. Crespo, *Strategy-oriented qualification framework as a supporting function of Lean production system implementation in small and medium-sized enterprises*, in *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*. 2008, Springer. p. 77-82.
6. Rose, A., et al. *Lean manufacturing best practices in SMEs*. in *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. 2011.
7. Barros, Luís. *Estudo e implementação de Lean Manufacturing em PMEs* (2010). Trabalho realizado com a XC consultores. Universidade do Porto.
8. Powell, D., J. Riezebos, and J.O. Strandhagen, *Lean production and ERP systems in small-and medium-sized enterprises: ERP support for pull production*. International Journal of Production Research, 2013. 51(2): p. 395-409.
9. Salgado, E.G., et al., *Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos*. Gestão e Produção, 2009. 16(3): p. 344-356.
10. Suzuki, K., *Gestão de Operações Lean-Metodologias Kaizen para a melhoria contínua*. LeanOp, 1ª Edição, Setembro de, 2010. 2010: p. 129-133.
11. GH Representação, Consultadoria e Treinamento (2011). [Consult. 7 fev. 2016]. Disponível em: <<http://www.gh.ind.br/7-disperdicios.html>>.
12. Mironiuk, K., *Lean Office Concept: Implementation in R-Pro Consulting*. 2012.
13. Jones, D.T., P. Hines, and N. Rich, *Lean logistics*. International Journal of physical distribution & logistics management, 1997. 27(3/4): p. 153-173.
14. Souza Filho, R.R.d.M., *Melhoria de indicadores de desempenho numa fase de produção com elevada diversidade de artigos numa empresa de produção de componentes eletrónicos para a indústria automóvel*. 2012: p. 1.
15. *Top 25 Lean Tools*. 2013 ; [Consult. 4 jan. 2016]. Disponível em: <<http://www.Leanproduction.com/top-25-Lean-tools.html>>.

16. Rother, M. and J. Shook, *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. 2003: Lean Enterprise Institute.
17. *What are the benefits of Value Stream Mapping*. 2012 [cit. 2016 5 janeiro]; Disponível em <http://www.valuestreamguru.com/?p=60>.
18. De Carlo, F., et al., *Layout design for a low capacity manufacturing line: a case study*. International Journal of Engineering Business Management, 2013. 5: p. 1-10.
19. Lean Manufacturing: Automotive Components. Operational Performance Solutions, Inc. [Consult. 7 fev. 2016]. Disponível em: <http://www.opsgroupinc.com/lean-process-improvement/auto-case-study/>
20. Lanza, G., K. Peter, and A. Broos, *Quantitative analysis and optimization of the effectiveness of Lean methods in small batch production*. Weimarer Optimierungs-und Stochastiktag, 2008.
21. Harris, R., C. Harris, and E. Wilson, *Making materials flow: a Lean material-handling guide for operations, production-control, and engineering professionals*. 2003: Lean Enterprise Institute.

VIII ANEXOS

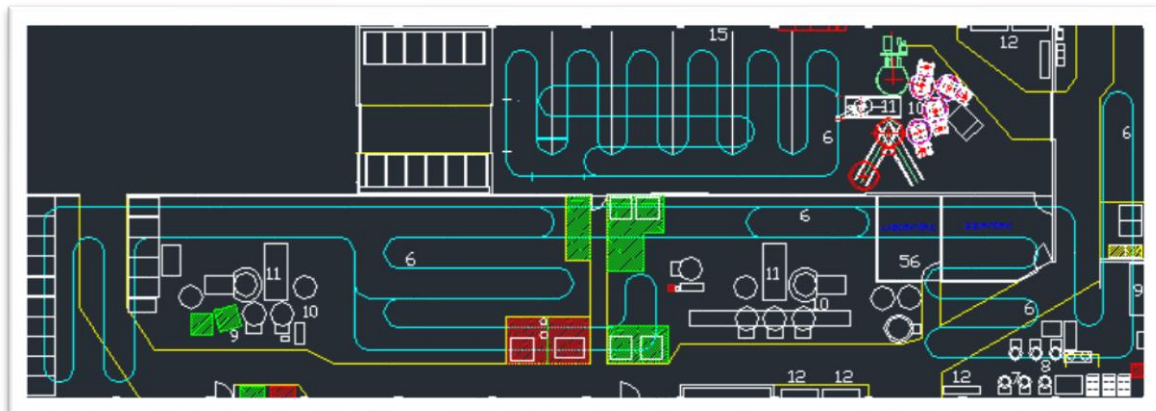
Anexo 1

Layout Setor da Cera



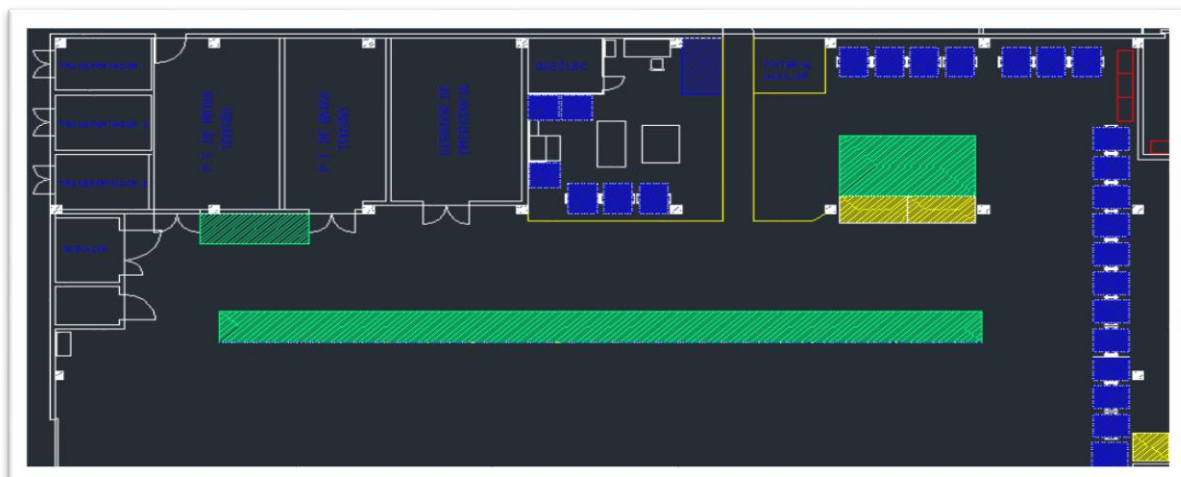
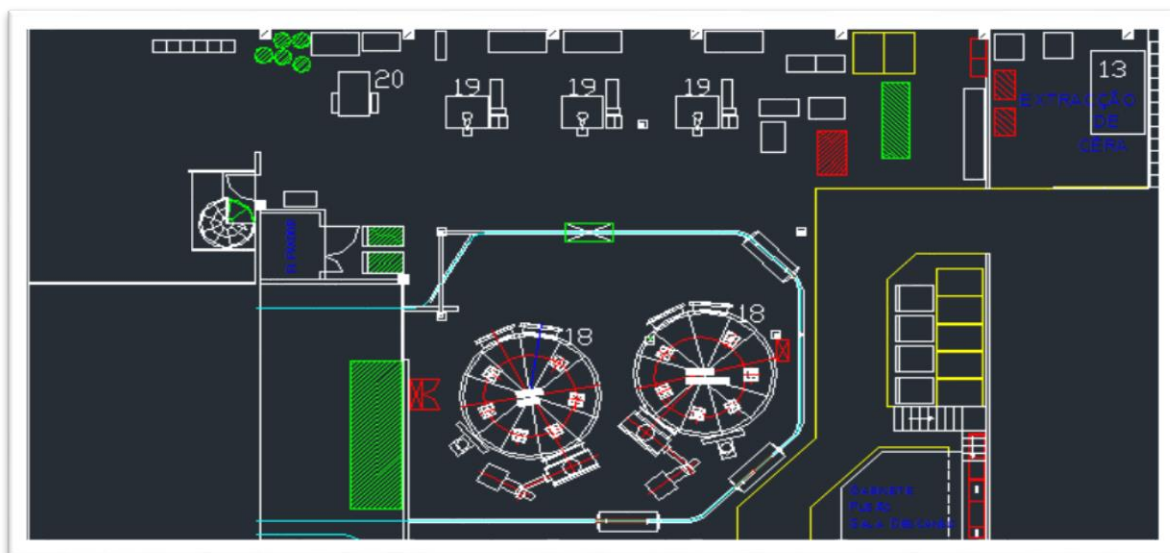
Anexo 2

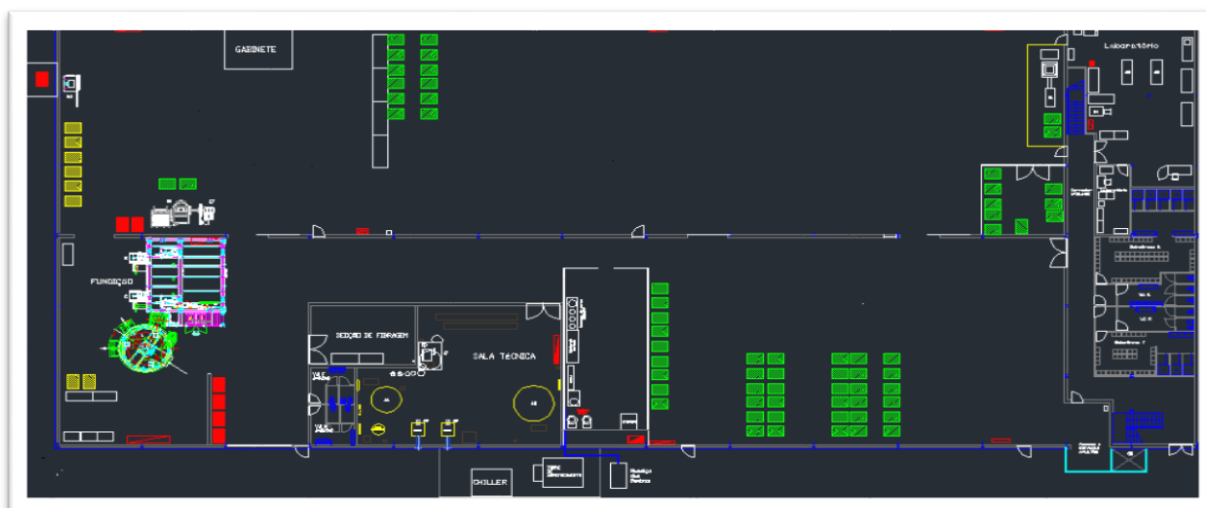
Layout Setor da Cerâmica



Anexo 3

Layout Fusão , Preparação de Cargas e Fusão sob Vácuo





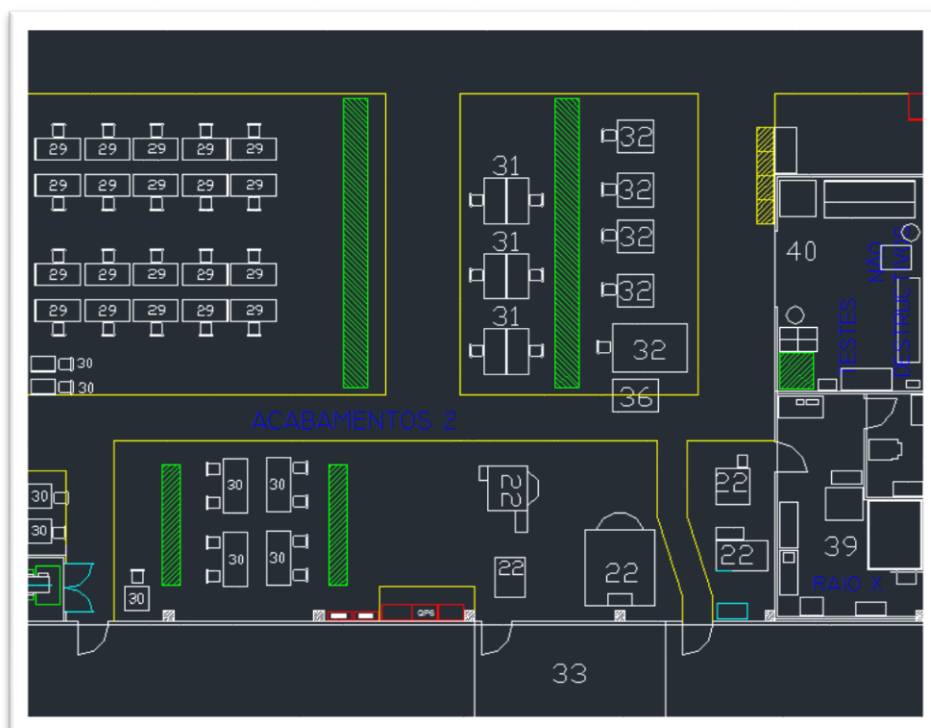
Anexo 4

Layout Acabamentos (Acabamentos I)



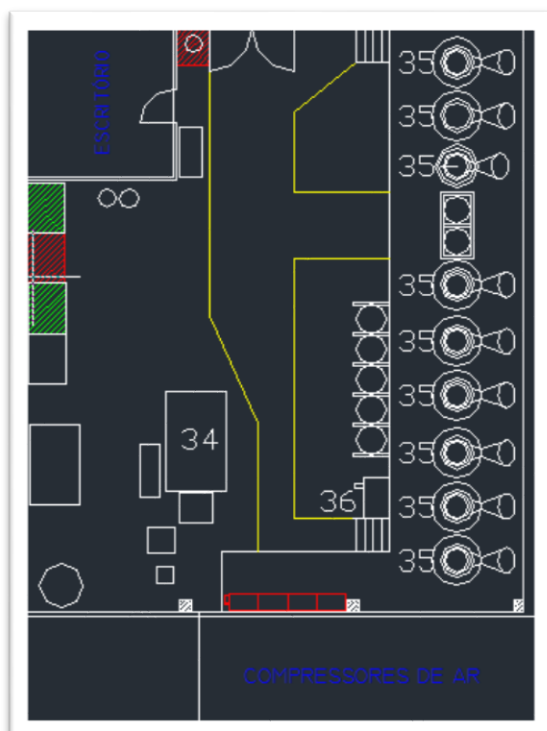
Anexo 5

Layout Acabamentos finais (Acabamentos II)



Anexo 6

Layout Tratamentos Térmicos

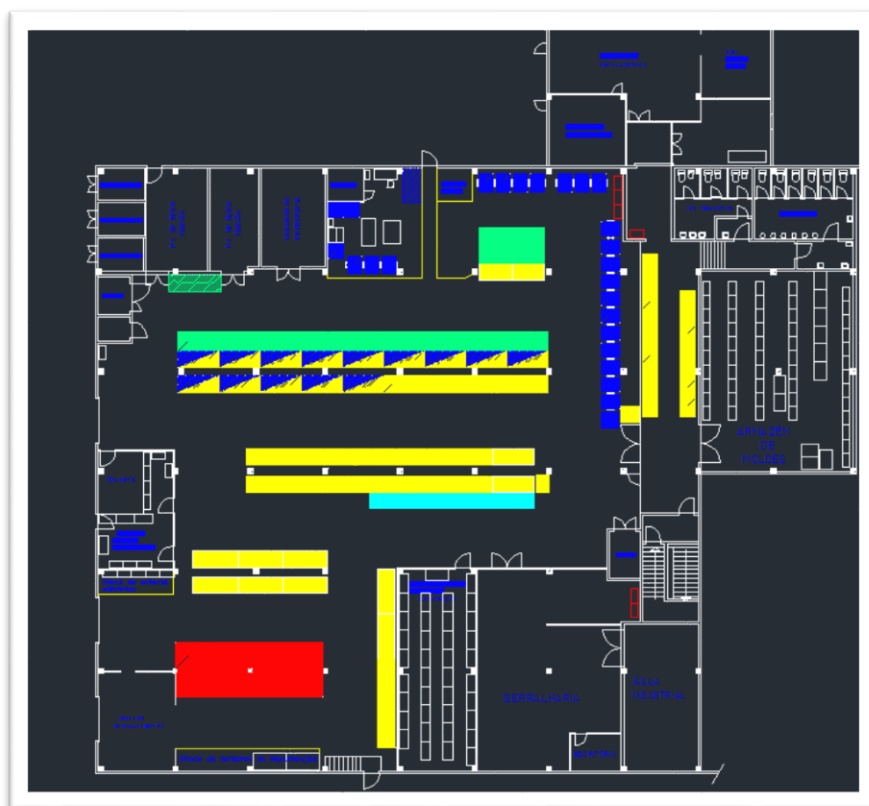


Anexo 7

Layout Expedição



Layout armazém



Anexo 9

Listagem de Equipamentos

Equipamento	Ano	Setor	Capacidade
Empilhador Branco (Mini-Boy)	1991	Cerâmica	1000 KG
Empilhador GENKINGER #Série 201.1078	2001	Cerâmica	1000 KG
Empilhador GENKINGER #Série 201.0835	2001	Fusão	1000 KG
Empilhador Linde T20	1991	Acabamentos	2000 KG
Empilhador Linde L16*	1991	Acabamentos	1600 KG
Empilhador Linde L16	1991	Armazém de Moldes	1600 KG
Empilhador JUNGHEINRICH ERC Z16 #Série 90223036	2007	Preparação de Cargas	1600 KG
Empilhador JUNGHEINRICH ERC Z16 #Série 90553035	2007	Fusão sob Vácuo	1600 KG
Empilhador JUNGHEINRICH ERC Z16 #Série 90261058	2007	Expedição	1600 KG
Empilhador STET GP-30 série 7AN10303	1998	Armazém	3000 KG
Empilhador JUNGHEINRICH EFG 430 #Série FN363230	2007	Armazém	3000 KG

* Equipamento a ser substituído por GENKINGER 12/25 Capacidade 1200 KG

Anexo 10

Listagem dos materiais subsidiários

Material	Peso palete	Quantidade mensal consumida
Cera plástica B415	1000 Kg	7.589 Kg
Cera Cerita	1000 Kg	2.453 Kg
Bacias vazamento	320 Kg	9.257 Kg
Bacias vazamento (VÁCUO)	320 Kg	1.536 Kg
Fused Sílica 200	1000 Kg/ 1200 kg	66.200 Kg
Areia zircónio WTC	1000 Kg	10.200 Kg
Areia CHAMOTTE 0,5-1	1200 Kg	104.400 Kg
Areia CHAMOTTE 0,2	1200 Kg	7.200 Kg
Farinha Zircónio DIN 100	1000 Kg	8.000 Kg
Farinha Zircónio CG	1000 Kg	12.000 Kg
Levasil	1600 Kg*	45.510 Kg
Soda Caustica	1000 Kg**	750 Kg
Granalha aço inox	500 Kg	500 Kg
Granalha de corundo	1000 Kg	6.000 Kg
Granalha de aço	1000 Kg	5.000 Kg
Parafina	600 Kg	

Anexo 11

Listagem de quantidades de paletes de material subsidiário

Material	Peso paleta	Nº paletes
Cera plástica B415	1000 Kg	8
Cera Cerita	1000 Kg	3
Bacias vazamento	320 Kg	29
Bacias vazamento (VÁCUO)	320 Kg	5
Fosse Sílica 200	1000 Kg/ 1200 kg	56
Areia zircónio WTC	1000 Kg	11
Areia CHAMOTTE 0,5-1	1200 Kg	87
Areia CHAMOTTE 0,2	1200 Kg	6
Farinha Zircónio DIN 100	1000 Kg	8
Farinha Zircónio CG	1000 Kg	12
Levasil	1600 Kg*	46 Bidões
Soda Caustica	1000 Kg**	1
Granalha aço inox	500 Kg	1
Granalha de corundo	1000 Kg	6
Granalha de aço	1000 Kg	5
Total		237 Paletes 1 Paleta soda cáustica 46 Bidões